

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA
MARIA DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAISO – CHILE



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA
Departamento de Obras Civiles

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA MIVES PARA LA SELECCIÓN DE UNA
EMPRESA SUBCONTRATISTA DE TABIQUES.

Memoria de titulación presentada por
NICOLAS ARMANDO ASTUDILLO
ZEPEDA

Como requisito parcial para optar al título de
CONSTRUCTOR CIVIL

Profesor Guía
SERGIO ALEJANDRO CARMONA MALATESTA

OCTUBRE 2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco enormemente a la Universidad por los conocimientos entregados cada año y a mi profesor guía que a pesar de este año tan complicado supo apoyarme para culminar este proceso, entregándome su tiempo y confianza.

En segundo lugar, agradezco a la actual empresa en la que me encuentro realizando trabajo en el departamento de producción, en donde me han permitido crecer como profesional dándome las herramientas para mejorar día a día.

En tercer lugar, agradezco a mi familia por su apoyo incondicional durante todos estos años en lo que he estado lejos de casa para lograr ser un futuro constructor, a mi hermano por su tiempo y dedicación para lograr terminar mi trabajo de análisis.

En cuarto lugar, agradezco a Vianca Alfaro, mi pareja, mi compañera, mi amiga, por estar durante todos estos años apoyándome en todas las decisiones e impidiendo que bajara los brazos frente a la adversidad, fue mi principal pilar para lograr terminar mi ciclo.

Al final del viaje está el horizonte,

al final del viaje partiremos de nuevo,

al final del viaje comienza un camino,

otro buen camino.

Como dice este extracto de la canción de Silvio Rodríguez, al final de cada etapa que nos encontremos viviendo siempre se abrirá un nuevo camino, el cual somos nosotros quienes decidiremos qué camino seguir para lograr lo que tanto soñamos.

DEDICATORIA

Dedicado a mi familia

Por el apoyo durante este proceso desde que salí del cascaron hasta lo que soy actualmente. Agradezco especialmente a mi hermano por el apoyo para culminar este proceso.

Dedicado a mi pareja

Por todo el apoyo incondicional durante todo este proceso, quien me vio llorar, reír y levantarme cada día por ser el mejor.

RESUMEN

En Chile, se está realizando la construcción de un Hospital la cual está en proceso la realización de tabiquería yeso cartón para la división de espacios interiores. La selección de un subcontratista es fundamental para la realización de los servicios prestados sin afectar el cumplimiento del contrato de una obra en construcción, la mala elección puede provocar atrasos no previstos de acuerdo con el plazo, ya sea por problemas críticos o trabajos deficientes impactando directamente en el costo del proyecto. Para cualquier contratista que realiza una obra de construcción busca los servicios de empresas capacitadas en el rubro requerido, esta búsqueda es una toma de decisión engorrosa debido a la gran cantidad de empresas que puedan existir para postular a la selección. Para la realización de la construcción de Hospitales en Chile, cualquier contratista debe cumplir ciertos requerimientos o normas básicas para su correcta ejecución, por lo cual el proceso constructivo de tabiquería debe cumplir como mínimo a dos criterios principales, resistencia a los sismos y protección dentro de todas las zonas en caso de incendio. Por lo tanto, esta memoria plantea identificar el método de toma de decisión multicriterio mediante la aplicación del Modelo Integrado de Valor para una Evaluación Sostenible (MIVES) para la selección de subcontratistas con respecto a todos los requerimientos definidos por el contratista al momento de presentar el proyecto a realizar. El estudio de la metodología MIVES dentro del campo de análisis de construcción Hospitalaria en Chile no se refleja en los estudios actuales, por lo cual resulta ser un proceso innovador y sostenible dentro de cualquier proceso que se pueda escoger para su realización. Por último, a partir de los resultados obtenidos mediante el estudio de este trabajo, se puede concluir que la metodología MIVES es aplicable para la selección de subcontratistas en el ámbito de la tabiquería en la construcción de Hospitales.

ABSTRACT

In Chile, a Hospital is being constructed, which is in the process of making plasterboard partitions for the division of interior spaces. The selection of a subcontractor is essential to carry out the services provided without affecting the fulfillment of the contract of work under construction; the wrong choice can cause unforeseen delays according to the term, either due to critical problems or short work directly impacting the cost of the project. For any contractor that carries out construction work and seeks the services of companies trained in the required field, this search is cumbersome decision-making due to the large number of companies that may exist to apply for the selection. In order to carry out the construction of Hospitals in Chile, any contractor must meet specific basic requirements or standards for its correct execution. The partitioning construction process must meet at least two main criteria, resistance to earthquakes and protection within all areas in case of fire. Therefore, this report proposes to identify the multi-criteria decision-making method by applying the Integrated Value Model for a Sustainable Evaluation (MIVES) for selecting subcontractors concerning all the requirements defined by the contractor at the time of presenting the project to be carried out. The study of the MIVES methodology within the field of Hospital construction analysis in Chile is not reflected in current studies, which is why it turns out to be an innovative and sustainable process within any process that can be chosen for its realization. Finally, from the results obtained through the study of this work, it can be concluded that the MIVES methodology is applicable for selecting subcontractors in partitioning in the construction of Hospitals.

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	2
DEDICATORIA.....	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INDICE.....	6
INDICE DE TABLAS	8
1. CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN	10
1.1 Enfoque y contexto.....	10
1.2 Objetivo general.....	11
1.3 Objetivos específicos.....	11
1.4 Estructura de la memoria	12
2. CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO	14
2.1 Introducción	14
2.2 Tipología de construcción en recinto de salud	15
2.3 Eventualidades en tabiquería de hospitales	17
2.4 Método decisión multicriterio	18
2.4.1 Método decisión multicriterio AHP	18
3. CAPÍTULO III - METODOLOGÍA MIVES.....	24
3.1 Introducción	24
3.2 Fases de la metodología mives	25
3.3 Árbol de toma de decisión	27
3.4 Funciones de valor.....	28
3.5 Asignación de pesos	30
3.6 Definición de las alternativas.....	33
4. CAPÍTULO IV - ÁRBOL DE TOMA DE DECISIÓN Y FUNCIÓN DE VALOR	36
4.1 Introducción	36
4.2 Modalidad del ejercicio.....	36
4.3 Procedimiento de trabajo	37
4.4 Requerimientos del planteamiento	45
4.5 Análisis de datos de las empresas.....	55
4.6 Condiciones por el contratista	56

4.7	Árbol toma decisión	58
4.8	Análisis de la función valor	60
5	CAPÍTULO V - EVALUACIÓN MIVES	72
5.1	Introducción	72
5.2	Asignación de pesos	72
5.3	Valores realistas por cada subcontratista	73
5.4	Valor de los indicadores.....	74
5.5	Valor de los criterios	75
5.6	Valor de los requerimientos	76
5.7	Valor de la alternativa	77
6	CAPÍTULO VI – CONCLUSIONES	79
7	CAPÍTULO VII - REFERENCIAS	81
8	CAPÍTULO VIII – ANEXOS	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Métodos multicriterio (Fuente: Roy y Slowinski 2013).....	18
Tabla 2: Valoración de los juicios (Mendoza, Solano, Palencia & Garcia, 2019).....	21
Tabla 3: Árbol de toma de decisión genérico (Fuente: UPC, 2016).....	27
Tabla 4: Matriz “A” de comparación por pares.....	31
Tabla 5: Índice de consistencia aleatorio (R.I.)	32
Tabla 6: Espaciamiento de conectores.....	40
Tabla 7: Cantidad de placa por tipología.....	41
Tabla 8: Manual de aprovisionamiento	57
Tabla 9: Árbol de toma de decisión para selección subcontratista.....	59
Tabla 10: Escala de Likert.....	63
Tabla 11: Escala de Likert.....	68
Tabla 12: asignación de pesos mediante metodología AHP	72
Tabla 13: resumen de valores por subcontratista.....	73
Tabla 14: Valores de indicadores por opción.	74
Tabla 15: Valores de los criterios por opción.....	75
Tabla 16: Valores de requerimientos por opción.	76
Tabla 17: Valores de la alternativa	77

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Estructura general de la toma de decisión	26
Ilustración 2: Índice de valor de las alternativas	35
Ilustración 3: Esquema tipo corte	43
Ilustración 4: Esquema de árbol toma decisión para subcontratista tabiquería.....	58
Ilustración 5: Función del valor del indicador modificación.....	61
Ilustración 6: Función del valor del indicador tipología.....	62
Ilustración 7: Función del valor del indicador calidad	63
Ilustración 8: Función del valor del indicador materiales	64
Ilustración 9: Función del valor del indicador mano de obra	65
Ilustración 10: Función del valor del indicador comunicación	66
Ilustración 11: Función del valor del indicador precio.....	67
Ilustración 12: Función del valor del indicador mantenimiento.....	68
Ilustración 13: Función del valor del indicador tiempo ejecución	69
Ilustración 14: Función del valor del indicador antigüedad	70
Ilustración 15: Función del valor del indicador experiencia	71

1. CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

1.1 Enfoque y contexto

Dentro del campo de la planificación y gestión de proyectos en obras de construcción, las empresas deben posicionarse con ventaja ante sus competidores basado en la productividad, obtención de ganancias y al menor costo posible (Salem, Solomon, Genaidy & Luegring, 2005). Así, la subcontratación u *outsourcing* es una parte crítica para el logro de los fines antes mencionados para las empresas. La subcontratación u *outsourcing* es el acto en el cual se obtienen bienes, o, en algunos casos, fases de producción de parte de individuos u organizaciones que están fuera de los límites de una firma o empresa (Davis-Blake y Broschak; Fernandez & Valencia, 2013) en que dicha empresa carece de infraestructura, servicios o conocimiento para realizar alguna actividad en específico (Davis-Blake y Broschak, 2009). Sin embargo, en la industria de la construcción, un problema frecuente es la selección del subcontratista más adecuado para realizar una determinada faena.

A través de un análisis basado en la ponderación de los múltiples factores el Modelo Integrado de Valor para una Evaluación Sostenible (MIVES) permite tomar decisiones de acuerdo con los parámetros seleccionados para la creación del árbol de requerimientos obteniendo como el resultado el valor del subcontratista más adecuado considerando los factores tales como, su experiencia, capacidad económica, resultados previos, entre otros, pero a través de un algoritmo más robusto que simple ponderaciones, como se usa frecuentemente en las licitaciones en Chile.

Durante el proceso de participación en la construcción del Hospital en Chile, se muestran y analizan los resultados de la aplicación del modelo MIVES en la subcontratación de los servicios de tabiquería para la construcción de dicha obra constructiva. La aplicación de la metodología tiene el objetivo de evaluación sostenible para evaluar a ciertos subcontratos para su selección y así evitar riesgos o imprevistos a la hora de la ejecución, es decir, evitar retrasos contractuales durante el proceso de construcción de acuerdo con errores

constructivos, falta de comunicación, mala dirección de obra, accidentes laborales o problemas en la seguridad, entre otros (Crisóstomo y Herrera, 2018).

Para llevar a cabo el estudio se analizaron cuatro empresas que trabajaron en el proceso constructivo de tabiquería en el hospital, las cuales el 50% de los subcontratistas había participado anteriormente con la empresa contratista en la anterior obra hospitalaria. El otro 50% ha participado en obras hospitalarias, pero con otro contratista dentro del país, por ende, se analizaron factores económicos, temporales, funcionales, seguridad y medio ambiente para obtener la mejor selección de contratista mediante estos parámetros.

Mediante la toma de decisión por medio de la aplicación MIVES nos facilita la selección de los candidatos a prestar servicios a una obra de esta envergadura y la cual puede ser adoptada por el departamento de aprovisionamiento de la empresa para las futuras obras.

1.2 Objetivo general

Aplicar la metodología MIVES identificando los parámetros de análisis para lograr diseñar un esquema de ramificación llamado árbol de requerimientos que desarrolle la selección de subcontratos de la faena de tabiquería en la construcción de un hospital en Chile.

1.3 Objetivos específicos

A partir del objetivo general, se pueden establecer una serie de objetivos específicos que se desglosan a continuación:

- Establecer los criterios de toma de decisión basados en la metodología MIVES para evaluar a una empresa contratista según las necesidades técnicas para la construcción de un hospital.

- Crear un árbol de requerimientos con sus cálculos y ponderaciones requeridas por MIVES para cada factor considerado en la evaluación.
- Seleccionar el contratista con mayor porcentaje de selección de acuerdo con la metodología con el fin de establecer una selección que se ajuste a los requerimientos técnicos de la obra.

Cabe señalar que esta memoria presupone un aporte dentro del campo de la planificación y gestión de proyectos en obras de construcción, pues desde la aplicación de esta metodología no han encontrado registros de su aplicación en el campo de la construcción de infraestructura de salud en Chile. Es por lo anterior que su aplicabilidad en el ámbito de la evaluación sostenible (Páez, 2003) resulta en un proceso innovador.

1.4 Estructura de la memoria

Esta memoria se estructura mediante capítulos, los cuales se detallan de la siguiente manera.

- CAPITULO I INTRODUCCION

Es el capítulo número 1 del proceso de estudio, donde se presentan la finalidad por los cuales se desarrolla el tema de análisis. Además, se describen los objetivos generales y específicos, y por último se determinan la estructura de la memoria.

- CAPITULO II MARCO TEORICO

En este capítulo se realiza una investigación acerca de las principales condiciones de cumplimiento en la realización de este tipo de actividades como la tabiquería, analizar las principales eventualidades que presentan en las obras de edificación de esta complejidad y por último la selección de revisión multicriterio que se utilizara para este trabajo.

- CAPITULO III METODOLOGIA MIVES

Se presenta la metodología MIVES con respecto a todo el análisis que se realiza para la toma de decisión del problema a desarrollar.

- CAPITULO IV FUNCION VALOR Y ARBOL TOMA DECISION

De acuerdo con el análisis de la metodología en el capítulo anterior, se establecen las características del problema a desarrollar con respecto a la construcción de tabiquería en un establecimiento de salud. Se explican los requerimientos a utilizar para la selección de subcontratista, se especifican las características de las cuatro empresas a evaluar. Finalmente se establece el árbol de toma de decisiones como el análisis de la sensibilidad de la función de valor de cada uno de los indicadores.

- CAPITULO V EVALUACION MIVES

En base al capítulo anterior, se asignan los pesos de cada uno de los indicadores para su posterior obtención de valorización de la alternativa por medio de la metodología.

- CAPITULO VI CONCLUSION

Se estudian y concluyen los resultados obtenidos en el capítulo anterior mediante la aplicación de la metodología planteada para el proceso constructivo de tabiquería.

- CAPITULO VII REFERENCIAS

Se presentan las referencias bibliográficas utilizadas en el estudio como apoyo para la realización de esta.

- CAPITULO VIII ANEXOS

Se presentan los cálculos y graficas obtenidas para demostrar los resultados de la elección del subcontratista, nos permiten tener el apoyo en los resultados obtenidos en la evaluación.

2. CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

La innovación en la construcción nos permite actualmente realizar trabajos más rápido y a menos costo, en esta evolución se presentan los materiales para la realización de tabiquería yeso-cartón, la cual desde su comienzo hasta la actualidad ha tenido un avance importante para la fabricación de este proceso constructivo en nuestro país.

En Chile, se está realizando la construcción del Hospital que se encuentra en proceso de tabiquería yeso cartón para la división de espacios interiores, consta de espacios seco y húmedos utilizando el material adecuado para la correcta funcionalidad, es decir, aplicando planchas de yeso cartón resistente a la humedad, estándar y resistente al fuego dependiendo de las condiciones que presenta el proyecto.

Es por esto por lo que se debe presentar una adecuada empresa subcontratista que se encuentre en el mercado para la realización del proyecto, la selección de esta empresa es de suma importancia para cualquier proyecto ya que dependiendo de esta se puede cumplir el contrato vigente o afectar directamente en el plazo con problemas críticos, trabajos deficientes y por lo tanto un costo adicional no esperado al inicio de la construcción.

En consecuencia, es de suma importancia tener claro que la decisión de escoger subcontratistas para este tipo de proyecto debe ser de la forma más objetiva posible, dado este escenario es que se aplicará la metodología MIVES para selección. Se efectuará un análisis comparativo para la selección de la empresa subcontratista a contratar para el proyecto en construcción, con lo cual se analizará diferentes parámetros o características a evaluar para la toma de decisión definitiva a través de la teoría del valor.

2.2 Tipología de construcción en recinto de salud

Un hospital es un establecimiento destinado para la atención y asistencia a enfermos por medio de personal médico, enfermería, personal auxiliar y de servicios técnicos durante 24 horas, 365 días del año y disponiendo de tecnología, aparatología, instrumental y farmacología adecuadas.

La construcción de este tipo de establecimiento debe permitir que su funcionamiento no se detenga a pesar de cual pueda ser la circunstancia, es por esto por lo que este tipo de construcción en primer lugar debe ser resistente a los sismos que frecuentemente se encuentran en nuestro país. Los elementos estructurales son los primeros en recibir estos tipos de movimientos y de acuerdo a su disposición de los sistemas de protección sísmica permiten reducir la respuesta dinámica de las estructuras a través de sistemas mecánicos especialmente diseñados para disipar energía. Los elementos no estructurales como la tabiquería también es sometida a este tipo de cargas por lo cual es importante tomar las medidas adecuadas para poder disipar la energía mediante los materiales utilizados como la utilización de aislación en las uniones de elementos estructurales con los no estructurales, utilización de anclaje sísmico en la base del tabique y por último, la utilización de huincha pletina para reforzar la construcción del tabique (Franco, 2020).

Otro de los puntos importantes para no detener el funcionamiento de un hospital, es acerca de su naturaleza. Las construcciones hospitalarias deben establecer condiciones de seguridad contra incendio que garanticen el máximo nivel de protección tanto a pacientes, personal y ocupantes, además de la infraestructura, mediante estrategias de diseño de compartimentación (Franco, 2020). Esta compartimentación depende necesariamente del conjunto de tabique resistente al fuego el cual permite una acción de protección F-120, es decir, esta denominación se refiere al tiempo expresado en minutos que el elemento constructivo, de acuerdo a sus componentes y materialidad puede estar expuesto a un fuego sin colapsar, por lo tanto, un F-120 debe resistir 120 minutos o 2 horas en un incendio.

Desde el punto de vista del diseño contra incendios para los proyectos hospitalarios, la compartimentación es una alternativa que permite, según tipología; aislar el fuego, combatirlo y al mismo tiempo prolongar tiempos disponibles para la evacuación de pacientes y ocupantes, y eventualmente mantener operativo el hospital en determinadas zonas no afectadas.

Los criterios a usar para realizar un estudio de compartimentación contra incendios son variados, siendo dos los más usados: - Desde el uso: Se recomienda que unidades como, Central de Alimentación; lavanderías; Bodegas de sustancias de limpieza; farmacias; laboratorios; secciones de esterilización por calor; centros de suministro y de control de electricidad (grupo electrógeno); locales de mantenimiento; depósitos de combustibles y gases medicinales; se aíslen o protejan del resto del hospital, por el uso de los recintos (la carga combustible que conllevan; por los insumos manejables y el uso propio de la unidad), recintos que podrían ser focos de ignición o accidentes. En el caso de Quirófanos y Unidades de Pacientes Críticos como UCI o UTI, se recomienda no dividir -en ningún caso- en más de una compartimentación. - Desde superficies mínimas o máximas.

Por último señalar que las zonas de escape son parte importante del estudio de compartimentación ya que las escaleras son la única vía de tránsito en caso de emergencias, también debe ser protegidos de cualquier fenómeno de incendio los shafts de ascensores debido a su equipamiento existente en estos espacios, por último quienes deben estar protegido por la compartimentación son todos los shafts del edificio, en donde van en vertical toda la especialidad relacionada con las instalaciones, la cual accede a los diferentes niveles para su funcionamiento.

2.3 Eventualidades en tabiquería de hospitales

Uno de los factores más importantes en el desarrollo de un país viene dado por la construcción de nuevas infraestructuras u obras de edificación como viviendas que contribuyan a mejorar la calidad de vida de las personas, en este caso se está presentando una obra hospitalaria (BCI, 2022), la cual por los tiempos en que nos encontramos actualmente en Chile está tomando una importancia mayor en nuestro país debido a la crisis sanitaria mundial provocada por el coronavirus. Por lo tanto, cumplir los plazos contractuales en temas constructivos conlleva a la selección de los mejores subcontratos para el término de las actividades.

La industria de la construcción suele estar sujeta a mayores riesgos e imprevistos que cualquier otra industria y aunque los proyectos de construcción requieren un planeamiento exhaustivo, la construcción se caracteriza por desarrollarse en circunstancias poco predecibles que hacen difícil la correcta planificación. Por ende, los incumplimientos con los tiempos de entrega suelen afectar a los proyectos de construcción.

Unas de las causas que se visualizan más problemáticas en las obras de edificación es la de ejecución ya que reúne las causas relacionadas a imprevistos que se dan durante la ejecución de obra, es decir, incluye cambios durante la construcción, errores constructivos, falta de comunicación, mala dirección de obra y/o problemas con la seguridad o accidentes, entre otros. Esta causa es la que más afecta a una obra y es la más visible dentro del proyecto debido a todos cambios físicamente que se deben realizar para cumplir con los estándares adecuados al proyecto.

Otras de las causas es la mano de obra, la cual se refiere a todas las causas de retraso atribuibles al personal, desde personal altamente calificado hasta maestros o ayudantes. Esta causa también está asociada a los cambios físicos de la obra ya que son errores que son visibles durante el proceso constructivo.

Por otro lado, tenemos errores asociados a la planificación de la obra y es atribuible a los encargados de llevar a cabo una estrategia de todos los procesos constructivos a realizar mediante el conocimiento de la obra, anticipación a posibles problemas climáticos o físicos,

seguimiento de todas las actividades a realizar y optimización de todos los recursos a disposición.

2.4 Método decisión multicriterio

Se presenta a continuación las distintas propuestas metodológicas para seleccionar la mejor opción con respecto a la teoría del valor, lo que consiste en determinar ciertos criterios y subcriterios para su respectiva evaluación permitiendo la asignación de los pesos a cada uno respectivamente. La tabla 1 muestra una descripción general de los métodos multicriterio existentes de acuerdo con la teoría del valor.

Clasificación	Abreviatura	Método
Métodos basados en la teoría del valor	AHP	Proceso analítico jerárquico
	ANP	Proceso de red analítica
	COPRAS	Evaluación compleja proporcional
	FSs	Conjuntos difusos
	TOPSIS	Técnica para el orden de preferencia por similitud a solución real
	VIKOR	Optimización multidisciplinar y solución de compromiso
	UTA	Utilidades aditivas
	MCS	Simulación Monte Carlo
	UT	Teoría de la utilidad
	GST	Teoría del sistema Gris
	MAUT	Teoría de la utilidad multiatributo
	MAVT	Teoría del valor multiatributo

Tabla 1: Métodos multicriterio (Fuente: Roy y Slowinski 2013)

A partir de la Tabla 1, y para efectos de nuestra memoria de tesis, nos centraremos en el análisis y posterior uso del proceso analítico jerárquico (AHP) como apoyo de la metodología MIVES.

2.4.1 Método decisión multicriterio AHP.

Para la realización del análisis comparativo de empresas subcontratistas se deben realizar estimaciones racionalmente correctas para poder reducir la inseguridad de elecciones equivocadas y poco fundamentadas dentro del proceso de toma de decisiones, es decir, evitar que los criterios subjetivos dentro del análisis sesguen el análisis final (Mendoza, Solano, Palencia & Garcia, 2019).

Para esto la herramienta AHP es adecuada para resolver el problema de toma de decisión mediante el análisis de alternativas o criterios dentro del objeto de estudio, es decir, seleccionar aquella decisión que mejor se adapte a los objetivos que se pretenden alcanzar durante el análisis.

Por lo tanto, este capítulo está dedicado a hacer un breve repaso del método AHP, justificar su uso, revelar las principales ideas y sus características para el apoyo de la metodología MIVES que más adelante se analizara.

2.4.2 Definición y características del AHP.

El Proceso de Análisis Jerárquico, es un método basado en la evaluación de diferentes criterios que permiten jerarquizar un proceso y su objetivo final consiste en optimizar la toma de decisiones (Mendoza, Solano, Palencia & Garcia, 2019).

Esta metodología se utiliza para resolver problemas en los cuales existe la necesidad de priorizar distintas opciones y posteriormente decidir cuál es la opción más conveniente. Las decisiones para tomar con el uso de esta técnica pueden variar desde simple decisiones personales y cualitativas hasta escenarios de decisiones muy complejas y totalmente cuantitativas.

2.4.3 Fundamentos teóricos del AHP:

La metodología AHP (Saaty, 1980) es una poderosa y flexible herramienta de toma de decisiones multi-criterio, utilizada en problemas en los cuales se necesitan evaluar aspectos tanto cualitativos como cuantitativos.

La técnica AHP ayuda a los analistas a organizar los aspectos críticos de un problema en una estructura jerárquica similar a la estructura de un árbol familiar, reduciendo las decisiones complejas a una serie de comparaciones que permiten la jerarquización de los diferentes aspectos o criterios evaluados.

2.4.4 Esquema del modelo AHP.

El proceso de análisis jerárquico propone ejecutar los siguientes pasos:

a) Definir los criterios de decisión en forma de objetivos jerárquicos. La jerarquización se estructura en diferentes niveles: iniciándose en el tope con la definición del objetivo principal del proceso de jerarquización, luego se definen los niveles intermedios (criterios y subcriterios a evaluar) y finalmente, en el nivel más bajo se describen las alternativas a ser comparadas.

b) Evaluar o pesar los diferentes criterios, subcriterios y alternativas en función de su importancia correspondiente en cada nivel. Criterios cualitativos y cuantitativos pueden ser comparados usando juicios informales para obtener los pesos y las prioridades. Para criterios cualitativos, la técnica AHP utiliza simples comparaciones (apareadas - pairwise) para determinar los pesos y evaluarlos.

De esta forma el analista puede concentrarse en sólo dos criterios al mismo tiempo. De hecho, la técnica AHP está basada en la suposición de que el analista (decisor) puede de forma más fácil elegir un valor de comparación que un valor absoluto. Los juicios verbales son trasladados a una escala de puntuación mostrada en la tabla 2, en donde se analiza el carácter de comparación para definir por los analistas la toma de decisión de acuerdo con la alternativa de estudio.

Escala numérica	Escala verbal	Descripción
1	Igual importancia.	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio.
3	El elemento es moderadamente más importante respecto al otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro.
5	El elemento es fuertemente más importante respecto al otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro.
7	La importancia del elemento es muy fuerte respecto al otro.	Un elemento domina fuertemente.
9	La importancia del elemento es extrema respecto al otro.	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	
Incrementos 0,1	Valores intermedios entre incrementos (utilice esta escala si cree que su valoración necesita un alto grado de precisión).	
Inversos $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{7}, \frac{1}{8}, \frac{1}{9}$	Se utiliza cuando el segundo elemento es mayor en el criterio a comparar.	

Tabla 2: Valoración de los juicios (Mendoza, Solano, Palencia & García, 2019)

Como se puede apreciar en la Tabla 2, los valores de acuerdo con la escala numérica son considerados para la selección jerárquica de acuerdo con su importancia con respecto al análisis de la matriz de juicios. Posteriormente, un vector de prioridad es calculado y usado para pesar (comparar) los elementos de la matriz. Por último, se debe obtener el valor de consistencia de la matriz para conocer la aceptabilidad de las estimaciones, en caso contrario se debe realizar nuevamente estimaciones de acuerdo con la Tabla 2 para encontrar una consistencia aceptable.

Se puede resumir la implementación de la metodología en cinco pasos sistemáticos:

1. Desarrollo de la estructura jerárquica.
2. Representación de los juicios de valor.
3. Construcción de las matrices de juicio de valor y matrices normalizadas.
4. Cálculo de los vectores de prioridad y consistencia.
5. Análisis de resultados.

2.4.5 Medida de Consistencia

Para decidir qué nivel de inconsistencia es tolerable o aceptable, debemos considerar una medida de consistencia cuantificable, luego el cálculo del cociente de consistencia para cada matriz se obtiene siguiendo el siguiente algoritmo:

a) Para cada fila de la matriz de comparación, calcular una suma ponderada, con base a la suma del producto de cada elemento por la prioridad calculada de cada criterio.

b) Para cada elemento del vector resultante del paso anterior, dividir su suma ponderada por la prioridad de su criterio correspondiente.

c) Determinar la media del resultado del paso anterior.

d) Calcular el índice de consistencia (CI) para cada criterio, donde n es igual al número de criterios. La ecuación (1) presenta la fórmula matemática.

$$CI = \frac{n_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

Donde n_{max} es el máximo autovalor de la matriz

n , valor de la matriz

e) Determinar el índice aleatorio (IA), este puede ser calculado de manera empírica como el promedio CI de una muestra grande de matrices de comparación generadas al azar. En la ecuación (2) se denota la expresión.

$$IA = \frac{1.98 * (n - 2)}{n} \quad (2)$$

Donde n , valor de la matriz

f) Establecer la razón de consistencia (CR) como se presenta en la ecuación (3).

$$CR = \frac{CI}{IA} \quad (3)$$

Si el resultado de la ecuación (3) es menor o igual a 0,1, el nivel de inconsistencia es aceptable, con un resultado contrario se recomienda que el experto debe revisar sus estimaciones. De manera posterior, se deben eliminar aquellas valoraciones de los expertos que presentaron una o más matrices no consistentes, para luego formular las matrices de valoraciones consensuadas, donde el valor de la comparación corresponderá a la media geométrica de la comparación de pares de los expertos que no presentaban inconsistencias (como se explica en breve).

2.4.6 Recomendaciones para implementar el AHP

A continuación, se presentan algunos puntos de interés que deben ser tomados en cuenta por las organizaciones, a la hora de implantar la técnica del AHP:

Promover el proceso de jerarquización de todos los sistemas de producción, dentro de un proceso global de mejora del rendimiento y de la rentabilidad de toda la organización, y no como una iniciativa aislada del área de producción asociada a una sola planta. No se debe limitar o disminuir el campo de acción, de las técnicas de jerarquización, a herramientas únicas asociadas en muchas oportunidades a simples modas, (Parra, 2006)

El éxito de la implantación de las metodologías de jerarquización dependerá fundamentalmente del recurso humano involucrado, motivo por el cual, hay que tener un especial cuidado en el proceso de inducción y en la formación del personal que participará en este proceso. El proceso de inducción y formación deberá ser capaz de motivar al personal y de generar en este, el compromiso necesario, para implantar las metodologías de jerarquización de forma eficiente.

El AHP está diseñado como herramienta de modelización flexible y adaptable a las necesidades específicas de cualquier organización y permite, no sólo medir el grado de

consistencia del decisor al realizar comparaciones sino, también, conocer la estructura del problema por medio de una jerarquía representativa.

3. CAPÍTULO III - METODOLOGÍA MIVES

3.1 Introducción

El objetivo de este capítulo es explicar la metodología MIVES (Modelo integrado de valor para evaluaciones sostenibles) para la implementación práctica en nuestro análisis de selección de subcontratistas para una actividad específica.

MIVES es una metodología de toma de decisión multicriterio que evalúa diferentes alternativas para resolver problemas a través de un índice de valor (UPC, 2016). Esta metodología se engloba dentro de la teoría de utilidad multiatributo ya que para obtener el índice de valor de cada alternativa se realiza una suma ponderada de las valoraciones de los diferentes criterios considerados, admitiendo que existe certidumbre, es decir, las preferencias del decisor respecto a los indicadores planteados son conocidas.

Una de las características más importantes de la metodología MIVES y que la diferencia de muchas otras, es que el planteamiento de todo el modelo de valoración es anterior a la creación de las alternativas. De esta forma, las decisiones se toman al inicio, cuando se definen los aspectos que se tendrán en cuenta y cómo serán valorados. La ventaja de este planteamiento es que la toma de decisión se realiza sin que exista influencia de las valoraciones de las alternativas evitando que se produzca cualquier tipo de subjetividad.

Las fases de la metodología MIVES son:

- Delimitación de la decisión: se define quien toma la decisión, se fijan los límites del sistema y se establecen las condiciones de contorno.
- Introducción del árbol de toma de decisión: se ordenan de forma ramificada los aspectos que se tendrán en cuenta en la decisión.
- Creación de las funciones de valor: se crean unas funciones para poder obtener valoraciones de 0 a 1 de todos los aspectos pertenecientes a la última ramificación.

- Asignación de pesos: se asigna la importancia relativa de cada uno de los aspectos en relación con los restantes pertenecientes a una misma ramificación.

- Valoración de las alternativas: se obtiene el índice de valor para cada una de las alternativas planteadas.

- Realización de un análisis de sensibilidad: se analiza el posible cambio del índice de valor de cada una de las alternativas en el caso de variar los pesos o las funciones de valor definidas en las primeras fases. Esta es una fase opcional dentro de la metodología MIVES.

3.2 Fases de la metodología MIVES

Delimitación de la decisión En esta etapa se estructura y delimita la toma de decisión que se va a realizar. Los aspectos fundamentales de ésta son:

- Quién toma la decisión. En una decisión pueden intervenir distintos agentes con distintos puntos de vista. En muchos casos, no existe una alternativa que sea la mejor en cada uno de los aspectos considerados. Por ello, obtener la mejor alternativa no es inmediato y depende de quien tome la decisión, respondiendo a sus intereses, claramente definidos.

- Cuáles son los límites del sistema. Para identificar la toma de decisión, ésta se estructura en tres ejes tal y como puede verse en la ilustración 1, las líneas que separan los diferentes cubos con color más claro son los límites del sistema, siendo estos cubos los que serán estudiados en la toma de decisión. En uno de los ejes, la toma de decisión se descompone en todo su ciclo de vida. En otro eje, la toma de decisión se divide en todos sus componentes, es decir, en las partes que componen las diferentes alternativas. Finalmente, en el último eje figuran todos aquellos requerimientos o aspectos en los que se quieren valorar las diferentes alternativas.

Esta estructuración de la toma de decisión está estrechamente relacionada con el árbol de toma de decisión (siguiente fase), debido a que en el árbol de toma de decisión figuran de forma ramificada todos los aspectos que serán valorados. Éstos, serán valorados dentro de los límites de ciclo de vida y componentes establecidos en esta primera etapa.

Se presenta a continuación detalle estudiado de acuerdo con la ilustración 1 referida a la toma de decisión descompuesta para una visualización mejor del problema

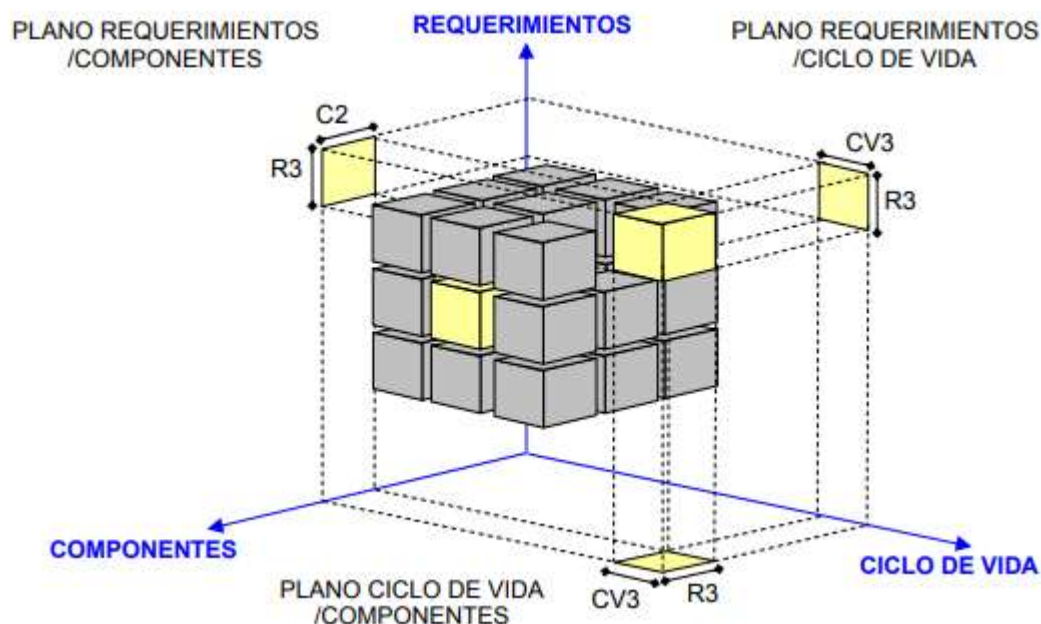


Ilustración 1: Estructura general de la toma de decisión

En la ilustración 1 se observa un cubo pequeño, cuyas proyecciones nos indican a qué componente y fase del ciclo de vida pertenece este elemento y para que requerimiento será evaluado (Ciclo de Vida 3, Requerimiento 3 y Componente 2). En esta figura se han resaltado dos cubos que son las partes de la toma de decisión a evaluar, es decir el dominio de estudio. Una vez seleccionados todos los cubos de la ilustración 1 quedan definidos los componentes de la toma de decisión, el ciclo de vida considerado en cada uno de los componentes y que requerimientos serán evaluados. En esta fase es donde queda identificada la toma de decisión y lo que deberá considerarse en el árbol de toma de decisión (la siguiente fase).

El descomponer o estructurar la toma de decisión en tres ejes, ayuda a definir de forma muy precisa cuál es la toma de decisión. De esta forma, se disminuye considerablemente el riesgo de olvidarse algún requerimiento, componente o etapa del ciclo de vida y se obtienen valoraciones de alternativas comparables y homogéneas. La toma de decisión una vez que se realiza su respectiva descomposición, será única para el estudio.

3.3 Árbol de toma de decisión

El árbol de toma de decisión es la ordenación en forma ramificada de todos aquellos aspectos que serán estudiados y que se han estructurado en la primera fase. A continuación, se presenta la tabla 3 que representa el funcionamiento de este árbol de toma de decisión.

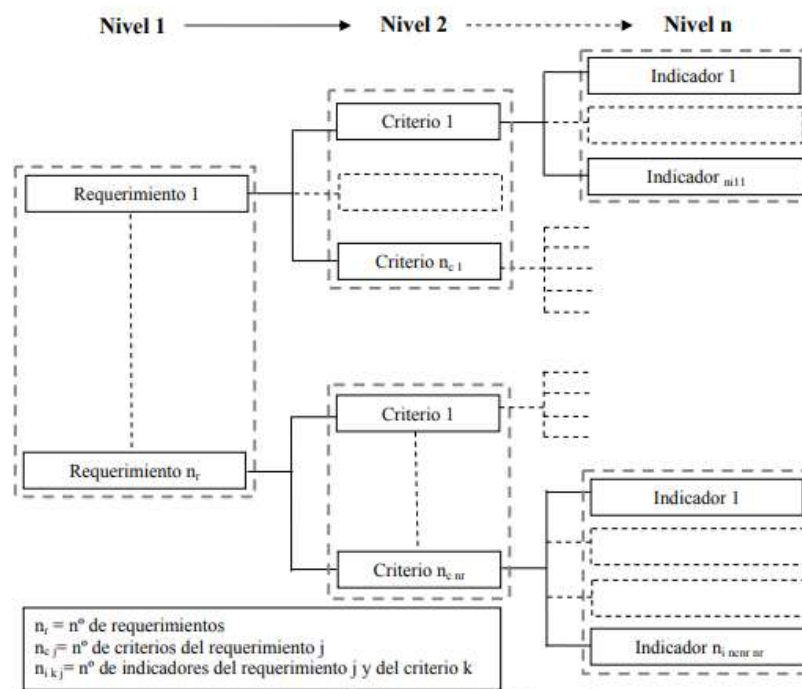


Tabla 3: Árbol de toma de decisión genérico (Fuente: UPC, 2016)

En la tabla 3 se muestra de forma genérica un árbol de toma de decisión. Existen varios niveles en la ramificación, a la vez que cada ramificación puede subdividirse en muchos o pocos subniveles. En los primeros niveles, se encuentran los aspectos más cualitativos y generales denominados requerimientos.

En los niveles intermedios de la ramificación se encuentran los criterios y subcriterios, y en los últimos niveles de la ramificación se encuentran los aspectos más concretos y que van a ser evaluados directamente: los indicadores. No se aconseja realizar más de 3 o 4 ramificaciones y que el número de indicadores sea superior a 20 ya que las

valoraciones de los indicadores poco importantes pueden diluir los resultados de los indicadores realmente importantes.

Es importante realizar una correcta estrategia para obtener un buen árbol de toma de decisión. Por ello, es bueno, que los requerimientos y en muchos casos, los criterios, sean escogidos por los políticos o gestores. La razón es que son ellos los que deben definir los aspectos que consideran más importantes o las líneas generales de mejora que deben seguirse. Para los indicadores, deben ser los técnicos que definan cuáles deben ser ya que estos aspectos tienen un carácter más específico y la mayoría de las veces son las características técnicas las que nos pueden conducir a saber qué indicadores son los apropiados para los diferentes criterios. Las características principales de los indicadores escogidos en el árbol de toma de decisión deben ser: representativos, discriminantes, complementarios, relativos, cuantificables, precisos y trazables.

3.4 Funciones de valor

El objetivo principal de la función de valor es poder comparar las valoraciones de los indicadores con unidades de medida diferente. Por ejemplo, se trata de poder comparar variables del tipo: tiempo, coste, temperatura, indicadores cuantificados por atributos, etc. De esta forma, se podrá realizar una suma ponderada de las diferentes valoraciones de cada uno de los indicadores. La función de valor permite pasar de una cuantificación de una variable o atributo a una variable adimensional comprendida entre 0 y 1.

Para la fase de valoración de los indicadores, se plantean diferentes funciones de valor para cada uno de ellos. Estas funciones de valor, que varían entre 0 y 1 en el eje de ordenadas, representan estado de valoración nula o valoración máxima (saturación), respectivamente, para cada uno de los indicadores. En el eje de las abscisas se encuentra la variable del indicador, que en el caso de ser un atributo puede convertirse en una variable mediante una tabla de puntuación.

La función de valor usada se define mediante cinco parámetros que, al variarlos, permite obtener todo tipo de formas: forma de S, cóncavas, convexas, o lineales. Los

parámetros que definen el tipo de función son: K_i , C_i , $X_{\text{máx.}}$, $X_{\text{mín.}}$ y P_i (ecuación (4) para funciones crecientes). El valor de B se calcula partiendo de los 5 valores anteriores (ecuación (5)).

$$V_{ind} = B * [1 - e^{-K_i * (\frac{|X - X_{mín.}|}{C_i})^{P_i}}] \quad (4)$$

Donde:

$X_{\text{mín.}}$ es el valor en abscisas, cuya valoración es igual a cero (en el caso de funciones de valor crecientes).

X es la abscisa del indicador evaluado (variable para cada alternativa).

P_i es un factor de forma que define si la curva es cóncava, convexa, recta o con forma de “S”. Obteniéndose curvas cóncavas para valores de $P_i < 1$, convexas o en forma de “S” si $P_i > 1$ y tendiendo a rectas para valores $P_i = 1$. Además, determina de forma aproximada la pendiente de la curva en el punto de inflexión de coordenadas (C_i , K_i).

C_i se aproxima a la abscisa del punto de inflexión.

K_i se aproxima a la ordenada del punto de inflexión.

B es el factor que permite que la función se mantenga en el rango de valor de 0 a 1. Este factor viene definido por la ecuación (5).

$$B = [1 - e^{-K_i * (\frac{|X_{\text{máx.}} - X_{\text{mín.}}|}{C_i})^{P_i}}]^{-1} \quad (5)$$

siendo $X_{\text{máx.}}$ la abscisa del indicador que genera un valor igual a 1 (en el caso de funciones de valor crecientes).

La ecuación de la función de valor varía según los valores que se asignen a las constantes: K_i , C_i , $X_{\text{máx.}}$, $X_{\text{mín.}}$ y P_i . Alternativamente pueden utilizarse funciones decrecientes, esto es, que adopten el valor máximo en $X_{\text{mín.}}$. La única diferencia de la función de valor es que se sustituye la variable $X_{\text{mín.}}$ por la variable $X_{\text{máx.}}$.

Dependiendo de la elección del punto de máxima y mínima satisfacción las valoraciones de cada uno de los indicadores pueden variar de forma considerable llegándose

a diluir ciertos resultados. Para determinar los puntos de mínima y máxima satisfacción el usuario puede ayudarse de 3 opciones:

- Utilizar la normativa vigente. En muchos indicadores utilizados: medioambientales, funcionales, etc. existe una normativa que como mínimo regula los valores mínimos exigidos.
- Según la estrategia del decisor o ciertos condicionantes de la toma de decisión. Mayoritariamente, podrían ser indicadores de tipo económico o de plazo.
- Comparación entre alternativas. Si el rango entre X mín. y X máx. es mucho mayor al rango de resultados, todas las alternativas quedan valoradas de forma parecida. Por el contrario, si el rango es muy pequeño, la valoración del indicador será 0 ó 1 en función de la alternativa estudiada. Para evitarlo, se recomienda realizar la función acumulada de las cuantificaciones de las alternativas y ajustar los valores X mín. y X máx. de la función de valor.

En el caso de que existan ordenadas por fuera de los límites establecidos, la valoración del indicador adoptará el valor de 0 ó 1 siempre y cuando no se superen los valores límite de la lista de chequeo. En tal caso, la alternativa estudiada quedaría descartada.

3.5 Asignación de pesos

La asignación de pesos se realiza dentro de una misma ramificación, es decir, se comparan aspectos que sean homogéneos. Así, los pesos de los indicadores se calculan en relación con otros pertenecientes a un mismo criterio. Igualmente se hace con los criterios, se calcula el peso de un criterio en relación con los restantes pertenecientes a un mismo requerimiento.

Los pesos de los requerimientos, criterios e indicadores se pueden determinar tanto mediante una puntuación directa (en el caso de pocos elementos componentes del grupo de comparación) como a través de la metodología AHP (Analitical Hierarchy Process – Proceso Analítico Jerárquico).

AHP se basa en una comparación por pares de todos los elementos entre ellos. Esta comparación se hace de acuerdo con una escala propuesta por Saaty, en la que se admiten las situaciones intermedias y los inversos:

- 1: Igual importancia
- 3: Ligeramente más importante o preferido
- 5: Más importante o preferido
- 7: Mucho más importante o preferido
- 9: Absoluta o extremadamente más preferido

Ello da lugar a una matriz de comparación como la de la tabla 4 para cada bloque de comparación cuyas características son:

1. Matriz diagonal con valor 1 en toda la diagonal como consecuencia de que cuando se compara la importancia de un elemento consigo mismo el resultado, evidentemente, es que tendrá igual importancia.

2. El elemento inverso de la matriz es el número inverso. Por ejemplo, si el indicador i respecto al indicador j tiene una importancia de 4, cuando se compara el indicador j con el indicador i será el valor inverso, es decir $1/4$.

$$\begin{vmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

Tabla 4: Matriz “A” de comparación por pares

Por otro lado, se debe calcular la consistencia (o no) de las comparaciones. Para ilustrarlo, consideremos que “A” es el doble de importante que “B” y “B” el doble de importante que “C”, de lo que se desprende que “A” debe ser cuatro veces más importante que “C”. Si la comparación entre “A” y “C” se aleja mucho de 4, significa que los juicios no son muy consistentes. El autovalor máximo (λ máx. de la ec. (3)) de la matriz de comparación es una medida de la consistencia de todos los juicios realizados. El cálculo de la consistencia de los juicios es función del cálculo del autovalor. El autovalor máximo de la matriz de

comparación es igual a n en el caso que la matriz sea totalmente consistente. Este autovalor, aumenta a medida que aumenta la inconsistencia. Así pues, cuanto mayor es el autovalor mayor será la inconsistencia de los juicios realizados.

Para calcular la consistencia o no de la matriz de comparación, se parte del concepto de Índice de consistencia (C.I.) y del Índice de consistencia aleatoria (R.I.). El índice de consistencia (C.I.), se define mediante la ecuación (6):

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (6)$$

donde, λ máx. es el autovalor máximo obtenido.

El índice de consistencia aleatoria (R.I.) es la media de todos los índices de consistencia (C.I.) de una matriz de comparación generada de forma aleatoria. Sólo depende del tamaño de la matriz y toma los valores que se encuentran en la Tabla 5.

n	RI	n	RI
1	0	7	1,341
2	0	8	1,404
3	0,525	9	1,452
4	0,882	10	1,484
5	1,115	11	1,513
6	1,252	12	1,535

Tabla 5: Índice de consistencia aleatorio (R.I.)

Otra forma de calcular el índice de consistencia aleatoria (R.I.) es como se presenta en la ecuación (2) de la metodología ahp, en donde se calcula de la siguiente forma:

$$RI = \frac{1.98*(n-2)}{n} \quad (7)$$

La relación de consistencia (C.R.) es la relación entre la consistencia de la matriz de comparación (C.I.) y la media de las consistencias de todas las matrices de comparación posibles de orden $n \times n$ (R.I.). El valor de C.I. depende del autovalor de la matriz de comparación y el valor de R.I. aparece en la tabla 2 o en la ecuación (7) y depende del tamaño de la matriz, es decir, de n .

Para que una matriz de comparación se considere consistente, el valor de C.R. no debe superar 0,1.

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} < 0,1 \quad (8)$$

donde: C.R. = Relación de consistencia (Consistency ratio)

C.I. = Índice de consistencia (Consistency index)

R.I. = Índice de consistencia aleatoria (Random Index)

3.6 Definición de las alternativas

Una vez adoptada la decisión a tomar, creado el árbol de toma de decisión con todas las funciones de valor y realizada la asignación de pesos, el paso siguiente consiste en definir las posibles alternativas que pueden presentarse para su posterior valoración. En algunos estudios, las alternativas ya han quedado definidas inicialmente y por ello esta no debe realizarse.

VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Para obtener la valoración de las alternativas se debe, anteriormente, valorar los indicadores, criterios y requerimientos. Los indicadores son los únicos aspectos que son valorados directamente. La forma como se realiza la valoración de indicadores, criterios y requerimientos, se muestra gráficamente en la ilustración 2 y se explica a continuación:

- Valoración de indicadores: la valoración de los indicadores se obtiene a partir de la función de valor y la cuantificación de cada alternativa en el indicador estudiado. La cuantificación de la alternativa es la abscisa del punto de la función de valor, cuya ordenada, es la valoración del indicador para esa alternativa.

- Valoración de criterios: tal como se muestra en la ilustración 2 y en la ecuación (8), la valoración de criterios se obtiene a partir de las valoraciones de los indicadores pertenecientes a ese mismo criterio multiplicado por sus pesos.

$$V_{criterio} = \sum_{i=1}^n V_{indicador} * Peso_{indicador} \quad (9)$$

donde: n es el número de indicadores pertenecientes al criterio valorado.

- Valoración de requerimientos: de forma similar a lo explicado para la valoración de criterios se valoran los requerimientos (ilustración 2 y ecuación 9). La valoración de los requerimientos es el sumatorio de las valoraciones de los criterios pertenecientes a ese mismo requerimiento multiplicado por sus pesos.

$$V_{requerimiento} = \sum_{i=1}^n V_{criterio} * Peso_{criterio} \quad (10)$$

donde: n es el número de criterios pertenecientes al requerimiento valorado

- Índice de valor de las alternativas: la valoración de las alternativas se obtiene sumando las valoraciones de los requerimientos multiplicados por sus pesos (ilustración 3 y ecuación 10).

$$V_{alternativa} = \sum_{i=1}^n V_{requerimiento} * Peso_{requerimiento} \quad (11)$$

En la ilustración 2 se presenta de forma esquemática la valoración por cada criterio, requerimientos y alternativa a partir de los indicadores seleccionados para el estudio.

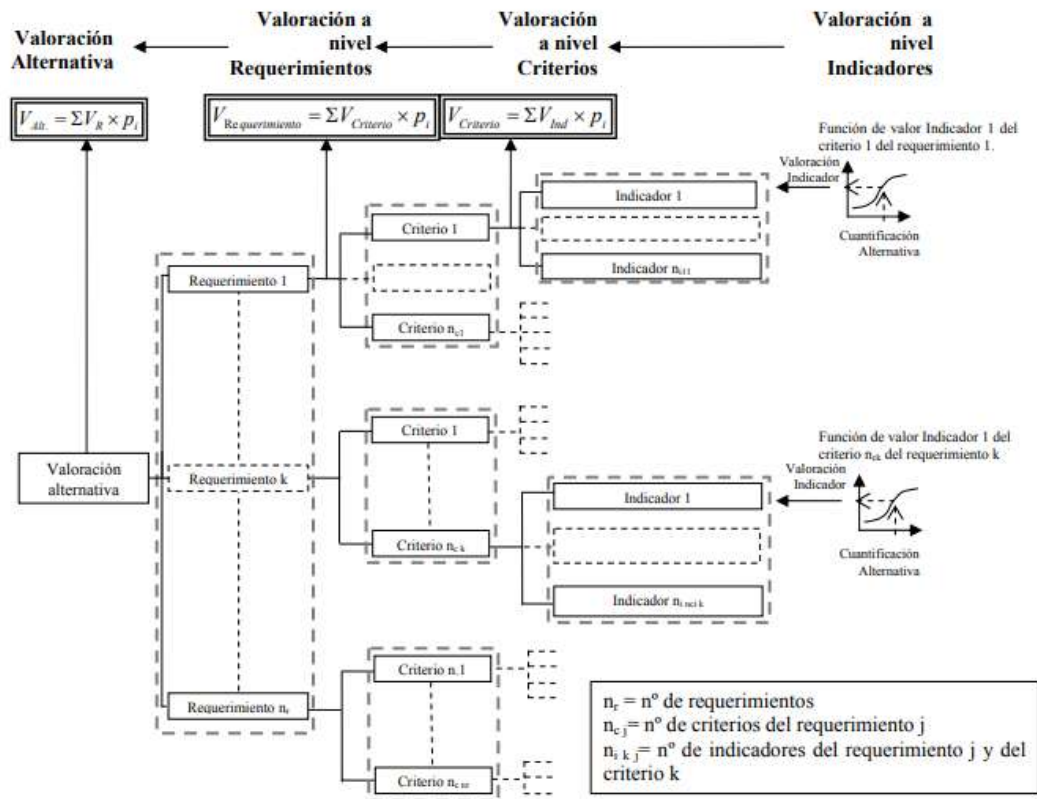


Ilustración 2: Índice de valor de las alternativas

De acuerdo con la ilustración 2, se obtienen las primeras ponderaciones a partir de los indicadores seleccionados, de acuerdo con el proceso de estudio mediante el modelo presentando se obtienen las ponderaciones a nivel de criterios y requerimientos hasta obtener el valor de cada alternativa para la selección.

4. CAPÍTULO IV - ÁRBOL DE TOMA DE DECISIÓN Y FUNCIÓN DE VALOR

4.1 Introducción

En palabras simples la subcontratación u outsourcing es el acto en el cual se obtienen bienes, servicios de parte de individuos u organizaciones que están fuera de los límites de una firma o empresa (Davis-Blake y Broschak, 2009). El objetivo de esta externalización es requerir los servicios o, en algunos casos, fases de producción (Fernández y Valencia, 2013) en que dicha empresa carece de infraestructura, servicios o conocimiento para realizar alguna actividad en específico (Davis-Blake y Broschak, 2009, Campillo, 2009).

En esta sección se analizará cada uno de los criterios que corresponden al árbol de requerimientos, en el cual mediante el estudio de todas las características podemos obtener el resultado valor para ser aplicado con la herramienta MIVES.

El nuevo centro de salud que se encuentra en la etapa final de la obra gruesa prontamente comenzará con el proceso constructivo de la tabiquería en donde es muy importante tener claros las condiciones de los subcontratistas para su posterior elección, por ende, se establecen ciertos criterios que se estudiarán mediante la metodología MIVES para su posterior resultado llamado valor para la selección más relevante.

4.2 Modalidad del ejercicio

Para la aplicación de la metodología MIVES se ha planteado un escenario de toma de decisión con respecto a diferentes subcontratistas que realizan trabajos de tabiquería, lo importante de este escenario es la construcción de tabiquería en un hospital, el cual presenta diferentes requerimientos antes, durante y posterior del proceso constructivo.

En este caso el contratista tiene presente todos los aspectos o requerimientos que necesita para el proceso constructivo por lo cual lo respalda mediante un contrato de trabajo y su

respectivo procedimiento de trabajo, el cual es presentado a cada subcontratista que quiera participar. La zona de estudio para este caso de análisis es la construcción de tabiquería yeso cartón con una superficie en muros aproximadamente de 70.000 m² de tabique.

4.3 Procedimiento de trabajo

4.3.1 Objetivo

El objetivo del procedimiento de tabiquería yeso cartón es describir el conjunto de operaciones y trabajos a realizar, definir los criterios, responsabilidades y la normativa de aplicación que inciden en los procesos de ejecución de esta faena.

4.3.2 Alcance

Su alcance es aplicable a todas las operaciones de construcción de tabiquería que se realicen en la obra hospitalaria.

4.3.3 Dentro de las responsabilidades se encuentran

Profesional encargado de obra.

Jefe de terreno

Jefe de calidad y Medio Ambiente de la obra

Jefe de obra

Topógrafo

4.3.4 Generalidades y definiciones

Montante: perfil costanera de acero galvanizado utilizado como paramento vertical.

Canal: perfil en U de acero galvanizado utilizado como solera superior e inferior.

Tornillos autoportante cabeza de trompeta rosca fina para acero y rosca gruesa para madera, para unión de placas a montantes.

Tornillos autoperforante cabeza de lenteja punta broca #8x1/2", para unión perfiles entre sí.

Clavo de impacto Hilti X-C 37 P8 o equivalente técnico, para fijar soleras a estructura de hormigón.

Plancha ST, plancha a utilizar en todo tabique que no tenga requerimientos a la humedad ni resistencia al fuego.

Plancha RH, plancha resistente a la humedad.

Plancha RF, plancha resistente al fuego.

Plancha XR, plancha extra resistente para áreas de uso intensivo.

Lamina de plomo, lamina especificadas en proyecto de protecciones radiológicas.

Lamina banda acústica de espuma polietileno expandido.

Estabilizador lateral, pletina de 50x0,85 por ambos lados del tabique.

Anclaje metálico galvanizado de 65x65x3 especificado en proyecto de vulnerabilidad.

Zócalo de hormigón: solución estructural para evitar el contacto del agua proveniente de la sobre losa con las placas de volcánita, esta solución constructiva tendrá armadura doble escalerilla acma (diam 4,2mm 0,11x5mt), anclada al radier o losa mediante dowels de 10mm.

4.3.5 Procedimiento

a) instalación

1) replanteo y trazado

Esta actividad se encuentra materializada en la partida de zócalos. En esta se definen y materializa los trazados del tabique terminado trasladados al zócalo terminado, además de posición de puertas y discontinuidades del tabique.

Esta actividad se protocoliza a través de un documento oficial y formal entregado a la inspección técnica de obra.

2) Instalación de perfiles

actividades previas:

Antes de iniciar las actividades de instalación de tabiquería, el sector se debe encontrar recibido y libre de carachas en el hormigo, clavos embebidos en la losa, vigas y pilares, además desegregaciones y nidos a la vista.

Instalaciones:

Se colocará una banda acústica tipo lamina espuma polietileno expandido isofoam-S, sonoglass, aislantglass o similar por debajo de ambas soleras (superior e inferior).

En tabiques livianos se instalará canal solera superior 92C16 con ala 50mm y solera inferior de 92C085. En solera superior se fijarán cada 40 cm con clavo de impacto Hilti X-C 37 P8 o equivalente técnico. La primera y última fijación debe estar a una distancia máxima de borde de 5cm.

En tabiques livianos (T08, T09) se instalará canal solera superior 62C10 o 42C10 con ala 50mm y solera inferior de 62C10 o 42C10. En solera superior se fijarán cada 40 cm con clavo de impacto Hilti X-C 37 P8 o equivalente técnico. La primera y última fijación debe estar a una distancia máxima del borde 5 cm.

En tabique pesado se instalará canal solera superior 92C16 con ala 50 mm y solera inferior de 92C085. En solera superior se fijarán cada 30 cm con clavo Hilti X-C 37 P8 o equivalente técnico. La primera y última fijación debe estar a una distancia máxima del borde de 5 cm.

En tabique pesado se instalarán perfiles montantes 90CA085, deben mantener siempre el mismo sentido. Se dispondrán cada 30 cm, y se deben cortar entre 10 y 20 mm más cortos que la distancia entre canales, a fin de mantener una dilatación con la estructura principal de la edificación. Si el tabique tiene una altura menor de 3,83 m. se instalará el montante cada 40 cm.

En tabique liviano se instalarán perfiles montantes 90CA085, deben mantener siempre el mismo sentido. Se dispondrán cada 40cm, y se deben cortar entre 10 y 20 mm más

cortos que la distancia entre canales, a fin de mantener la dilatación con la estructura principal de la edificación.

En tabique liviano (T08, T09) se instalarán perfiles montantes 60CA085 o 42CA085, deben mantener siempre el mismo sentido. Se dispondrán cada 40 cm, y se deben cortar entre 10 o 20 mm más cortos que la distancia entre canales, a fin de mantener una dilatación con la estructura principal de la edificación. Si la altura del tabique es mayor a 4,23 los montantes se dispondrán cada 30 cm.

En los tabiques se instalarán 2 huinchas compuesta por pletinas de 50 x 0,85 mm fijadas con autoperforante de #8x1/2". Colocando la primera a 1/3 de la altura del tabique desde la solera inferior. Otra a 1/3 de la altura del tabique desde la solera superior hacia abajo.

Como refuerzo en los tabiques se instalará anclaje metálico galvanizado tipo ángulo de 65x65x3 y L=60. Fijado a solera inferior con roscalata hormigón anclaje KH-EZ 1/4" x 1 5/8", según siguiente espaciamiento presentado en la tabla N°6 para los conectores.

Tabla 6 - Espaciamiento de conectores		
Tabique	Altura max. (cm)	Espaciamiento conector (cm)
Livianos	453	80
	423	80
	383	120
Pesados	453	60
	423	60
	383	90
Conector considerado roscalata hormigon kwik huz-ez 1/4 (1 5/8") o equivalente tecnico		

Tabla 6: Espaciamiento de conectores

De acuerdo con la tabla 6, se evidencia la instalación de anclaje tipo ángulo con respecto a la altura del tabique en centímetros y separación de montantes verticales en centímetros, dependiendo de la solicitud del tipo de tabique a construir.

3) Instalación de placas

La cantidad de placas será realizada mediante la distribución mostrada en la tabla 7, mostrada a continuación:

Tabla 7 - Cantidad de placas	
Tabique T01, T02 y T04	Cuatro placas de volcanita xr 15mm mas lana de vidrio 90mm
Tabique T03	Cuatro placas de volcanita xr 15mm mas lana de vidrio 90mm
Tabique T05	Cuatro placas de volcanita xr 15mm, lamina de plomo de 5m mas lana de vidrio 90mm
Tabique T06	Seis placas de volcanita xr 15mm mas lana de vidrio 90mm
Tabique T07	Dos placas de volcanita xr 15mm, lana de vidrio 90mm mas placa fibrocemento 10mm
Tabique T08 y T09	Dos placas de volcanita xr 15mm

Tabla 7: Cantidad de placa por tipología

A partir de la Tabla 7, se pueden clasificar diferentes tipos de tabiques a construir con respecto a su condición de proyecto por recinto, a saber:

1. Para tabique de recintos secos: dos placas tipo XR en cada cara, de 15mm de espesor cada placa más lana de 90mm.
2. Para tabique de recintos seco-húmedo: dos placas tipo RH en cara húmeda y dos placas tipo XR en cara seca, de 15mm de espesor cada placa más lana de 90mm.
3. Para tabique de recintos húmedo-húmedo: dos placas tipo RH en cada cara, de 15mm de espesor cada placa más lana de 90mm.
4. Para tabique protección al fuego: dos placas tipo RF en cada cara, de 15mm de espesor cada placa más lana de 90mm.
5. Para tabique plomado (protección radiológica) seco-seco: dos placas XR de 15mm por placa para cada lado y colocación de lámina de plomo entre placas.
6. Para tabique resistente al fuego húmedo-húmedo: dos placas RF-RF por cara, de 15mm espesor por placa.

7. Para tabique resistente al fuego seco-húmedo: dos placas RF lado seco y dos placas RF-RF lado húmedo, de 15 mm espesor por cara.

Se recomienda dejar una dilatación superior e inferior en las placas de 1 cm. En la parte superior, como dilatación de la estructura. En la parte inferior, para evitar que la placa absorba húmeda por capilaridad.

Cuando la estructura esta lista se procede a la instalación de las planchas que deberán estar dimensionadas para la altura de piso a cielo requerida, considerando dejar las dilatación superior e inferior indicada.

Las planchas se deben instalar a tope entre sí en forma vertical u horizontal, fijándolas solo a los montantes con tornillos cabeza de trompeta. Importante es que las planchas por un mismo lado y a ambos lados de la estructura queden trabadas entre sus caras, es decir, que sus bordes no coincidan. Esto permite obtener una mayor rigidización del tabique.

Las placas se fijarán solo en el canal inferior y los montantes, dejando sin fijar el canal superior esto con tornillos cabeza de trompeta punta broca de #6 x 1 ¼". El largo adecuado será aquel que traspase el metal, a lo menos 8mm desde la placa que se fija, sea el revestimiento de una o más placas.

Se recomienda que el distanciamiento entre tornillos sea:

25cm en los montantes de modulación o intermedios, en forma contrapeada
15 cm en las uniones de las placas y en forma trabada (zigzag).

Se tendrá que verificar la recepción conforme de todas las instalaciones y mobiliario consultados en el área donde los tabiques se cerraran con la segunda cara.

Instalación térmica interior en trasdosados autosoportantes sobre perfiles, con lana vidrio en espesor de 90mm, sin revestimiento.

La falta de instalación del número adecuado de tornillos en las uniones de placas, junto con el distanciamiento incorrecto de los tronillos y profundidad, podría generar diferencias de plomo en el tabique ya que la placa de yeso cartón quedaría comprimida más en un sector que en el otro, lo que haría relevante una diferencia de plomo en el tabique.

Otro factor importante en la instalación de los tornillos es que estos deben entrar de forma perpendicular al plano de la placa

Tolerancias en la instalación de placas 1° y 2° cara.

Planeidad: 3mm

Verticalidad: 3mm/m

4) Ejecución de dinteles

Se debe tener especial precaución en la zona de los dinteles, las uniones de placas de yeso cartón nunca deben coincidir con las piernas de los marcos, es justo en ese sector donde se presentan los esfuerzos mayores y donde tienden a presentarse las fisuras en unión de placas.

La solución entonces es corra la placa en forma de L o bien provocar un corte de placa que se traslape al menos 20 cm. Para así eliminar este punto frágil.

Esta solución se presenta esquemáticamente de acuerdo con la ilustración 3, en donde se muestra cómo debe realizarse la solución.

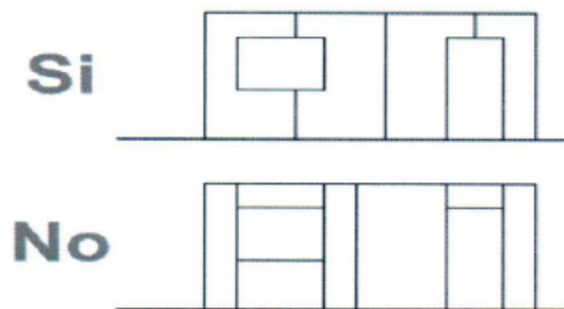


Ilustración 3: Esquema tipo corte

La solución para los dinteles es muy importante ejecutarla de acuerdo con la ilustración 3 para evitar puntos frágiles que perjudiquen posteriormente el avance de la obra, si no se realiza correctamente se producen errores constructivos los cuales son considerados eventualidades.

5) Transporte y acopio de placas

Si las placas se trasladan en forma manual, deben ser transportadas de canto. Para el acopio de placas en terreno se debe mantener el mismo sistema de paletizado, que se envía de fábrica, se recomienda acopiar un máximo de dos pallets en altura, protegidos de la húmedas y de la excesiva exposición al sol.

6) Instalación lana vidrio

Tomar medidas de los paños a aislar.

Se podrá cortar con serrucho diente fino, tijera o cuchillo cartonero, el largo necesario a utilizar.

Extender la lana en el paño medido engrapado.

b) Identificación y trazabilidad

La identificación de los trabajos ejecutados en la partida de carpintería de cartón yeso, serán evidenciados en los protocolos de ejecución.

c) Controles para realizar

limpieza del sector

trazado

estructuras y anclaje

forado 1° cara y fijaciones

instalaciones interiores

aislación

forado 2° cara

d) medidas de seguridad y salud

Serán de aplicación las recomendaciones contempladas en el procedimiento de prevención de riesgos, para la actividad de tabiquería yeso cartón.

e) prácticas ambientales

Durante las operaciones de confección de tabiques cartón yeso se deben tener en cuenta las siguientes medidas medioambientales

Durante las operaciones de construcción de zócalos se deben tener en cuenta las siguientes medidas medioambientales y lo indicado en la RCA N° 63/2013

Despunte y restos de cartón yeso como también perfiles metálicos debidamente retirados y acopiados

Mantener orden y limpieza en zona de trabajo

Utilización de equipos de seguridad personal y herramientas en buen estado

El manejo de residuos deberá efectuarse de acuerdo con el procedimiento

4.4 Requerimientos del planteamiento

Se analizará cada tipo de requerimiento del proceso constructivo, de acuerdo con un estudio fundamental por cada tipo de criterio definido en el árbol de requerimientos, de esta forma se podrá entender de mejor forma el estudio para su posterior resultado.

a) Requerimiento Técnico:

1. Criterio funcional:

1.1 modificaciones:

De acuerdo con lo señalado en todos los documentos oficiales que conoce el subcontrato, este ítem es uno de los más importantes dentro de la ejecución de la partida de tabiquería ya que está asociada a todos los cambios que se puedan generar producto de errores en el diseño del proyecto en el cual el contratista le otorga la información al subcontrato para que pueda realizar dicha modificación. Otro de los puntos importantes que genera cambios en dicho proceso constructivo son los errores producidos por las especialidades, en este caso tenemos identificado que tipo de partidas afectan, es decir,

cambios en las instalaciones eléctricas como ubicación de enchufes, interruptores, puntos de corrientes débiles como datos, termostatos, llamado de enferma, instalaciones térmicas como paso de ductos de clima, tuberías de ppr para el paso del agua, instalación de gases clínicos y por ultimo las instalación de agua potable y alcantarillado.

Por otro lado, el subcontrato mediante ciertos controles de calidad debe entregar la construcción de tabiquería al contratista, en el cual de acuerdo con el procedimiento de trabajo este proceso constructivo se llevará a cabo sin problemas o debido a una mala ejecución de algunos aspectos, este tabique deberá ser modificado para cumplir con los estándares correspondientes de un buen trabajo.

Cabe destacar que el proceso de tabiquería concluye una vez entregado el tabique completo al contratista y listo para recibir el recubriendo del muro ya sea pintura, cerámica, porcelanato u otra partida.

1.2 tipología:

El subcontrato conoce claramente la tipología de los tabiques que va a realizar en el hospital, en donde se señala específicamente en el procedimiento de trabajo las cantidades de placas por cada cara que se ocuparan, además del tipo de placa para cumplir con la funcionalidad dada por los recintos a construir. Todos los tipos de tabiques llevan en su configuración el tipo de montante que deben usar como también material extra dependiendo de las condiciones.

Los tabiques interiores deben cumplir características diversas en función de sus distintas aplicaciones y solicitudes. Todos los tabiques deben ser capaces de soportar muebles, equipos e instalaciones colgados, para lo cual se dispondrá en el interior de estos toda la perfilería de acero galvanizado de refuerzo recomendada por el fabricante y recogida en sus sistemas de tabiquería reforzada. En aquellas salas en las que se prevea colocar equipos de gran carga (sobre 250kg) se debe disponer en el interior de la tabiquería una estructura metálica tubular de refuerzo de acero formado por perfiles tubulares soldados entre sí de sección 80x80x5 mm, componiendo una retícula soportada en las losas de suelo y techo mediante placas de anclaje y correctamente protegida contra la oxidación mediante la aplicación de imprimación y esmalte anticorrosivo.

Se considera en general la siguiente diferenciación de tabiques:

Tabiques resistentes al fuego: en general todos los tabiques deben cumplir con una resistencia mínima al fuego de F-60. Así también se dispondrán tabiques F-120 en todos los tabiques definidos como con protección cortafuego de las presentes pautas.

Tabiques para zonas húmedas: estos tabiques estarán sometidos constantemente a humedad, en zonas donde el lavado de los recintos es indispensable, para mantener el baño de ellos, se entienden lugares como central de alimentación, casinos, recintos destinados a recolección de residuos hospitalarios y basura común, baños en general.

Tabiques vidriados y ciegos en zonas de separación de recintos en las zonas administrativas.

Tabiques plomados para recintos con consideraciones especiales en cuanto a la emisión de radiación como son las Salas de Imagenología y Medicina Nuclear.

Tabiques vidriados son los tabiques destinados a separar espacios de atención entre pacientes, tales como recintos de UCI y UTI, se entenderán del tipo termo panel con persiana interior incluida.

Los tabiques interiores deben cumplir características diversas en función de sus distintas aplicaciones, en general se plantean las siguientes especificaciones y requerimientos de tabiquerías.

1.3 calidad:

Su buen nivel de terminación, buena resistencia termoacústica, buena resistencia al fuego y facilidad de montaje, hacen de este proceso constructivo una solución conveniente en proyectos de viviendas, servicios y comerciales.

Sistema constructivo basado en una estructura simple de perfiles metálicos de acero galvanizado, que forman un bastidor simple pero muy resistente. La estructura de perfiles recibirá 2 planchas de Yeso-Cartón por cada lado de 15 mm de espesor cada una, que harán del sistema resistente al fuego para el requerimiento a F-90 o F-120 dependiendo del caso a realizar. El interior de los tabiques se rellena con productos de lana de vidrio, mejorando sustancialmente las condiciones acústicas y térmicas del conjunto.

Por lo tanto, el proceso constructivo tiene su término cuando se encuentra listo para recibir la pintura debido a que se realizó tratamiento de huecos, nivelación del tabique, ejecución de ángulos, repaso de juntas con cinta, paso de instalaciones y limpieza.

1.4 Materiales:

Tabique múltiple autoportante, de 150 mm o 210 mm de espesor total dependiendo de las solicitudes, sobre banda acústica de espuma de polietileno expandido $e=25\text{mm}$ ó equivalente técnico, colocada en la base del tabique y en su encuentro con techo (forjado o losa) en cumplimiento de UNE-EN 102040 o NCh 146/1 Of.2000, formado por una estructura simple de perfiles de chapa de acero galvanizado de 90 mm o 150 mm de ancho, a base de montantes 90CA 0,85@40cms o 150CA 0,85@40cms (elementos verticales) separados 400mm s/indicaciones del fabricante, con disposición normal "N" y canales 92x30x0,85 (elementos horizontales) a cada lado del cual se atornillan cuatro placas en total (dos placas tipo XR, RF o RH en cada cara, de 15 mm de espesor cada placa); Aislamiento térmico interior en trasdosados autoportantes sobre perfiles, con lana de vidrio 80 mm de espesor, sin revestimiento, con una conductividad térmica de 0.040 W/mK y resistencia térmica 1.25 m²K/W, reacción al fuego Euroclase A1, código de designación MW-EN 13162 - T3-WS-AF5, incluso parte proporcional de elementos de sujeción y corte del aislante. Incluso tratamiento de huecos, paso de instalaciones, tornillería, pastas de agarre y juntas, cintas para juntas, anclajes para suelo y techo; totalmente terminado y listo para imprimir y revestir

2 Criterio Social:

2.1 Mano de Obra:

El subcontratista contratara la totalidad de los trabajadores necesarios para la realización del contrato y de su adecuada dirección y administración por parte de ellos. Los trabajadores realizaran sus labores bajo subordinación y dependencia exclusiva del subcontratista.

El subcontratista deberá presentar un organigrama, en el cual se debe detallar la estructura organizacional que será implementada en la ejecución de las obras, es decir, identificar los cargos de cada personal asignado para el desarrollo de las actividades.

Por otra parte, el subcontratista deberá presentar al encargado de dirigir la ejecución de las obras, quien deberá cumplir con experiencia y capacidad para dirigir, como también mantener la calidad de los trabajos a realizar. En el caso que dicha persona no cumpla con los requisitos solicitados, el contratista podrá solicitar el reemplazo de cualquier integrante.

2.2 Comunicación entre personal y supervisor:

El subcontratista deberá mantener una relación entre su personal y el contratista, es decir, cumplirá y llevara a cabo todas y cada una de las obligaciones, instrucciones y directrices que se señalan en el presente contrato ya sea por parte del contratista, por parte del mandante y/o de toda autoridad o entidad del estado. Estas obligaciones deberán ser transmitidas desde el puesto más alto en el organigrama hasta el supervisor encargado de transmitir los trabajos a realizar.

El subcontratista deberá suministrar los equipos de construcción, transporte maquinarias, herramientas, materiales, accesorios y todos los elementos e insumos necesarios para la ejecución de obra. Además, en terreno el subcontratista deberá realizar todas las labores de recibo, carga, descarga, amarre, manejo, transporte, almacenamiento y vigilancia de los materiales y equipos pertenecientes a ellos. Por último, el subcontratista deberá realizar el mantenimiento, operación, suministro de insumos y repuestos necesarios para la correcta utilización de maquinaria, equipos y herramientas para la realización de las actividades.

b) Requerimiento económico:

1. Criterio económico:

1.1 Precio:

Las cantidades de obra establecidas en el contrato son aproximadas y representan un estimativo de los trabajos a ejecutar por cada subcontrato, es decir, estas cantidades podrán aumentar o disminuir durante la ejecución de las actividades, pero sin modificar el valor de precio unitario especificado en un comienzo.

Por otro lado, el subcontratista incluye en su precio unitario suministro de materiales, montaje o utilización de materiales, servicio de mano de obra necesaria para ejecución y termino de trabajos, maquinaria, operadores y materiales auxiliares para el desarrollo de los trabajos contratados. Además, se consideran todos los refuerzos necesarios incluidos en el

procedimiento de trabajo para la colocación de elementos soportantes en la tabiquería como también el suministro de todos los pequeños insumos tales como: fijaciones, discos de corte, clavos de impacto, fulminante, broca metal, copa, etc.

1.2 Mantenimiento

Por otro lado, es de suma importancia que el subcontratista tenga presente el mantenimiento de todas las maquinarias o herramientas que utilizara para el proceso constructivo de tabiquería, por lo cual es un criterio para considerar a la hora de evaluar a estos. Los precios asociados al mantenimiento de todas las herramientas y pequeñas maquinarias necesarias para el trabajo son exclusiva responsabilidad del subcontrato a cargo, además de todos los medios auxiliares como andamios y/o escaleras.

2 Criterio temporal:

2.1 Tiempo de ejecución:

Los trabajos, labores, servicios y suministros indicados en el contrato de trabajo deberán cumplir una planificación de ejecución de obra, la cual el subcontratista deberá presentarla y ser acordada con el contratista. Una vez aprobado dicho programa por el contratista, este será el documento contractual de obligatorio cumplimiento.

En el caso que el desarrollo de las obras sufriera paralización o retrasos transitorios por causas ajenas al subcontratista, los plazos inicialmente previstos se prorrogaran en los días que esta demora. Si el retraso se produce por caso fortuito o fuerza mayor, el subcontratista deberá presenta al contratista su justificación por escrito. El contratista analizará las razones y decidirá si acepta o rechaza la ampliación del plazo.

El incumplimiento por parte del subcontratista de acuerdo con lo establecido en el contrato dará lugar a la aplicación de multas y penalidades previstas. Esto siempre y cuando estos incumplimientos fueran imputables al subcontratista.

2.2 Antigüedad:

Los trabajos o servicios realizados por un subcontratista están relacionados con respecto al tiempo que llevan trabajando para el contratista. Este aspecto es relevante para el contratista ya que de esta forma conoce como realiza los trabajos ciertas empresas, es decir,

mantiene una relación y comunicación más fluida por lo que influye en el transcurso del avance de obra. Por lo tanto, este criterio es fácil de evaluar con respecto a todos los subcontratistas que deciden realizar el proceso constructivo.

2.3 Experiencia en Hospitales:

Por otro lado, el contratista hace un análisis con respecto a la experiencia en tabiquería hospitalaria que posee cada subcontrato al momento de ofrecer sus servicios o trabajos en metros cuadrados de planta construidos. La experiencia hospitalaria es acreditada por el subcontratista y en el caso de que este no posea experiencia realiza una prueba en obra con los materiales adecuados, analizando sus resultados ya sean aceptados o rechazados.

c) Requerimiento medio ambiente:

1. sistema de gestión ambiental:

En este caso el contratista da estricto cumplimiento a las exigencias ambientales indicadas en la resolución de calificación ambiental correspondiente para la construcción del proyecto hospitalario establecido en las bases de licitación del servicio de salud viña del mar Quillota, en conjunto con la dirección regional de arquitectura del MOP. El contratista realiza un plan de gestión ambiental en donde desarrolla medidas necesarias para eliminar, controlar y/o mitigar cualquier riesgo susceptible de causar impacto negativo sobre el medio ambiente.

Para el caso específico de lo que estamos analizando, dentro de la obra existen puntos específicos para almacenar residuos provenientes de la actividad de tabiquería en donde su manejo se base principalmente en el ordenamiento por su origen y tipo de residuos, estas serán separadas y etiquetadas para advertir los posibles riesgos o peligros.

Este proceso será notificado por el contratista a cada uno de los subcontratos que participen dentro del centro de trabajo y en donde se realizará seguimiento permanente de las variables ambientales, prevenir la contaminación del agua, aire o suelo, a través del manejo controlado de los residuos y contaminantes en general que resultan de la construcción y mantener una constante labor de difusión y capacitación sobre el propósito del presente Plan a los trabajadores.

d) Seguridad:

1. sistema de gestión de seguridad y salud:

El objetivo principal para la evaluación del subcontratista por parte del sistema de gestión de seguridad y salud es establecer los criterios principales que los subcontratistas realicen o desean realizar por medio de la empresa contratista en base a la gestión preventiva y accidentabilidad.

Por parte del subcontratista existe un esfuerzo relevante en tratar de erradicar la accidentabilidad en los centros de trabajos ya sean en su propio personal como el personal del subcontratista, por lo cual se pretende seleccionar a todos aquellos subcontratistas que demuestren un compromiso real con la seguridad y salud de los trabajadores, logrando así elevar el estándar preventivo en todos los centros de trabajos.

Existen diferentes procesos para el procedimiento de evaluación de subcontratista, en donde se pueden nombrar los siguientes:

1.1 Solicitud de documentación:

Los subcontratistas deberán presentar un certificado de siniestralidad emitido por su organismo administrador, además de todos los otros documentos necesarios para acreditar la accidentabilidad de la empresa en los últimos tres años.

Las empresas que no puedan presentar el certificado de siniestralidad de los tres últimos años por falta de actividad, por haberse constituido recientemente o cualquier otra razón que impida la emisión de este certificado deberán presentar el certificado de constitución de la empresa donde figure la fecha de inicio de actividad y el certificado de adhesión al organismo administrador donde figure la fecha de inicio de cotización. Todas las empresas que no cumplan con los tres años de antigüedad requeridos serán consideradas como nivel ROJO.

El certificado de siniestralidad deberá contener datos mínimos tales como el promedio de trabajadores, tasa de accidentabilidad, número de accidentes fatales, numero de enfermedades profesionales, número de accidentes de trabajo. Cualquier certificado de accidentabilidad que no contenga estos datos puede ser rechazado por el departamento de prevención del contratista.

1.2 Validación de certificados

El departamento de prevención emitirá una validación de los certificados de accidentabilidad que recibió de acuerdo con la documentación requerida, en donde el resultado de esta evaluación será emitido al responsable de la empresa contratista.

1.3 Tasa de accidentabilidad

Una vez entregado los documentos necesarios se procederá a la evaluación de los niveles de accidentabilidad de la empresa subcontratista según el siguiente semáforo de accidentabilidad.

NIVEL VERDE: en este nivel se encuentra aquellas empresas subcontratista que en los tres últimos años cumplan los siguientes requisitos:

- No han tenido accidentes fatales
- No han tenido trabajadores pensionados
- No han tenido trabajadores indemnizados
- Factor de invalideces o muertes igual a 0
- Índice de accidentabilidad inferior a 3,5
- No han tenido enfermedades profesionales

NIVEL AMBAR O NARANJO: en este nivel se encuentran aquellas empresas que cumplan los siguientes requisitos:

- No han tenido accidentes fatales
- No han tenido trabajadores pensionados
- No han tenido trabajadores indemnizados
- Factor de invalideces o muertes igual a 0
- Índice de accidentabilidad igual o mayor a 3,5 e inferior a 6,0
- Han tenido una enfermedad profesional sancionada por el organismo administrador

NIVEL ROJO: en este nivel se encuentran aquellas empresas que cumplan alguno de los siguientes requisitos:

- No han tenido accidentes fatales en los tres últimos años
- Un trabajador pensionado en los tres últimos años

- Un trabajador indemnizado en los tres últimos años
- Factor de invalideces o muertes superior a 0
- Índice de accidentabilidad igual o mayor a 6,0
- Dos enfermedades profesionales sancionadas por el organismo administrador en los tres últimos años
- Tengan menos de tres años de constitución o de nueva creación

NIVEL MORADO: en este nivel se encuentran aquellas empresas que cumplan alguno de los siguientes requisitos:

- Uno o más accidentes fatales en los tres últimos años
- Mas de dos enfermedades profesionales sancionadas por el organismo administrador en los tres últimos años
- Mas de dos trabajadores indemnizados o pensionados en los tres últimos años

1.4 Evaluación de empresa subcontratista

La evaluación de la empresa consistirá en definir en que nivel se encuentra según su accidentabilidad en los tres últimos años, de acuerdo con el semáforo de accidentabilidad.

Por lo tanto, de acuerdo con el nivel que se encuentran los subcontratistas ya sea en nivel verde, nivel ámbar, nivel rojo o nivel morado será el resultado por parte del sistema de gestión implementado por el contratista.

1.5 Subcontratista con contrato

Una vez que las empresas subcontratistas inicien sus tareas dentro de los centros de trabajo puede darse las circunstancias que cambien su nivel con respecto al semáforo de accidentabilidad, es decir, mejoren o empeoren sus labores. Para esto el departamento de prevención a cargo deberá solicitar mensualmente un certificado de siniestralidad a cada empresa subcontratista y cada seis meses un certificado anualizado.

4.5 Análisis de datos de las empresas

De acuerdo con el termino de las obras de la tabiquería dentro del hospital, se obtuvieron datos empíricos asociados a los trabajos y labores realizadas por las diferentes empresas, por lo tanto, se puede resumir los siguientes datos por empresas en:

EMPRESA A

- construcción de tabiquería total: 5.151,2 m²
- demora en el proceso constructivo: 174 días corridos
- años de experiencia con la empresa contratista: 0 años
- metros construidos de tabiquería hospitalario: 92.297 m²
- precio promedio de tabiquería: \$11.156 pesos
- termino de obra: no
- sistema gestión ambiental: cumple
- gestión de seguridad y salud: cumple

EMPRESA B

- construcción de tabiquería total: 8.783,8 m²
- demora en el proceso constructivo: 397 días corridos
- años de experiencia con la empresa contratista: 0 años
- metros construidos de tabiquería hospitalario: 0 m²
- precio promedio de tabiquería: \$11.486 pesos
- termino de obra: si
- sistema gestión ambiental: cumple
- gestión de seguridad y salud: cumple

EMPRESA C

- construcción de tabiquería total: 23.535 m²
- demora en el proceso constructivo: 519 días corridos
- años de experiencia con la empresa contratista: 6 años
- metros construidos de tabiquería hospitalario: 114.000 m²
- precio promedio de tabiquería: \$30.373 pesos
- termino de obra: si
- sistema gestión ambiental: cumple
- gestión de seguridad y salud: cumple

EMPRESA D

- construcción de tabiquería total: 16.860 m²
- demora en el proceso constructivo: 530 días corridos
- años de experiencia con la empresa contratista: 5 años
- metros construidos de tabiquería hospitalario: 114.000 m²
- precio promedio de tabiquería: \$33.554 pesos
- termino de obra: si
- sistema gestión ambiental: cumple
- gestión de seguridad y salud: cumple

4.6 Condiciones por el contratista

Por parte del contratista realiza una comparación de tabiquería de acuerdo con la tipología de esta partida existente en el hospital, debido a que cada tipo tiene diferentes tipos de requisitos llamado manual de aprovisionamiento. La tabla 8 muestra un ejemplo de suministro de materiales.

Tabla 8 - Manual de aprovisionamiento			
A	Suministro materiales tabiques exteriores		
3.9.12	Yeso carton trasdosado interior fachada seco-seco (T7.1)		
3.9.13	Yeso carton trasdosado interior fachada seco-humedo (T7.2) (e=13cm)		
3.9.14	Yeso carton trasdosado pilar (T8)		
3.9.15	Yeso carton trasdosado humedo seco (T9)		
B	Suministro materiales tabiqueria interior		
3.9.3	Tabique yeso carton recintos secos (T1)		
3.9.4	Tabique yeso carton recintos humedo-seco (T2)		
3.9.5	Tabique yeso carton recintos humedo-seco (T2.1) (e=21cm)		
3.9.6	Tabique yeso carton recintos humedo-humedo (T3)		
3.9.7	Tabique yeso carton recintos humedo-humedo (T3.1) (e=21cm)		
3.9.8	Tabique yeso carton proteccion al fuego (T4)		
3.9.9	Tabique yeso carton proteccion al fuego (T4.1) (e=21cm)		
3.9.10	Tabique yeso carton recintos plomados (T5)		
3.9.11	Tabique yeso carton recintos altas prestaciones (T6)		
C	Otros elementos que son parte de la contratacion		
	Andamios		
	Insumos (fijaciones y otros consumibles)		
	Vulnerabilidad solucion presentada a IF (suministro)		
	Huincha y pasta (suministro)		

Tabla 8: Manual de aprovisionamiento

Como se observa en la tabla 8, además de identificar cada tipo de tabique y sus respectivas mediciones, se analiza también el suministro de los materiales los cuales son entregados por el contratista ya sean planchas de yeso cartón, perfiles de metalcom, andamios, insumos menores como fijaciones, refuerzo de vulnerabilidad, huincha, pasta y elementos de protección personal necesarios.

A fin de cada mes cada empresa subcontratista debe realizar su cobro por lo ejecutado hasta ese momento, es decir, realizan la medición para poder efectuar el estado de pago correspondiente al mes, en donde los materiales suministrados por el contratista son descontados en el precio del estado de pago correspondiente.

Este comparativo si bien es limitado a lo que se realizara en la obra físicamente, tiene un apartado en donde se analiza específicamente el subcontratista mediante observaciones, en este caso se considera la experiencia en tabiquería hospitalaria y en qué lugar del país la empresa lo realiza.

4.7 Árbol toma decisión

El árbol de toma de decisión para esta estructuración se plantea en la siguiente ilustración 4, la cual presenta la jerarquización de forma general con 4 requerimientos.

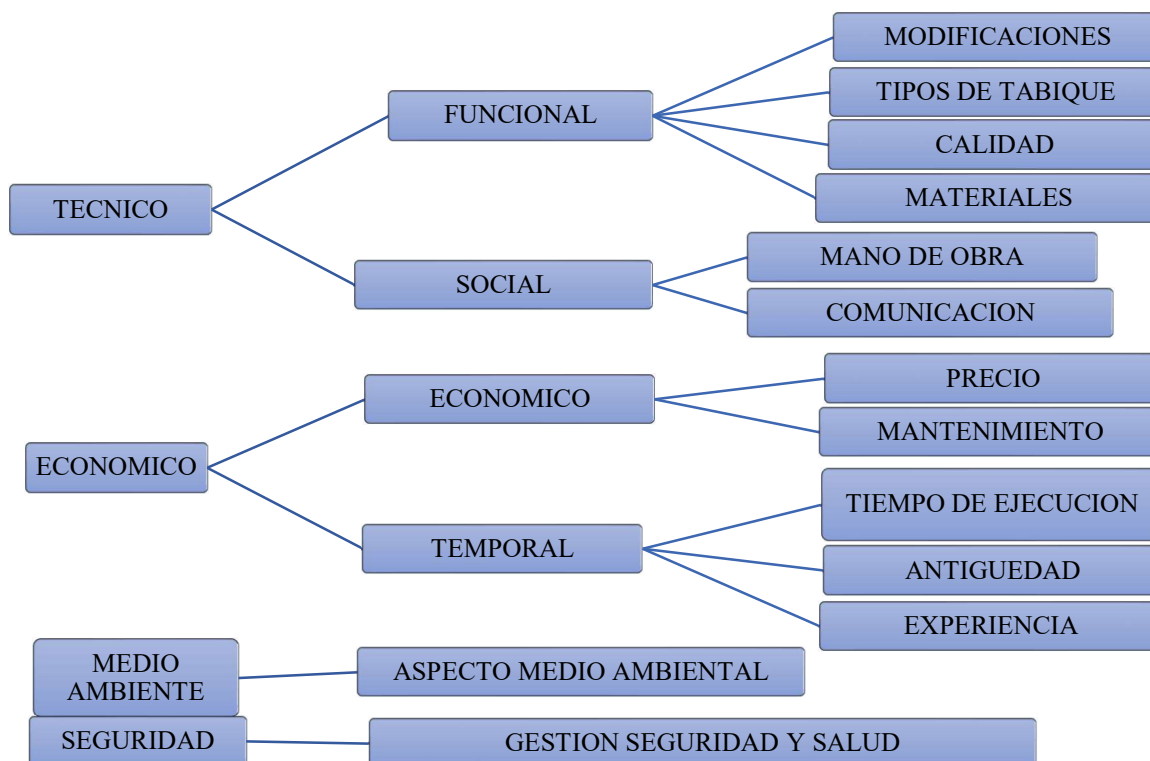


Ilustración 4: Esquema de árbol toma decisión para subcontratista tabiquería

Desde la ilustración 4, se puede señalar que el esquema se representa, por un lado, por el trabajo a realizar durante el proceso constructivo de la forma más general, es decir, mediante los requerimientos técnico, económico, medio ambiente y seguridad. Por otro lado, en el segundo nivel de la ramificación se encuentran los criterios, en donde se visualizan 6, es decir, criterio funcional, social, económico, temporal, aspecto medio ambiental y gestión seguridad y salud. Por último, en el tercer y último nivel nos encontramos con 11 indicadores los cuales se puede realizar un estudio más específico del trabajo a evaluar y en donde es cuantificable mediante los datos obtenidos en obra, estos indicadores están representados por modificaciones, tipología de tabique, calidad, materiales, mano de obra, comunicación entre

supervisor y empleado, precio, mantenimiento, tiempo de ejecución, antigüedad con la empresa y experiencia hospitalaria.

Como antecedente no se aconseja realizar más de 3 o 4 ramificación al árbol de toma decisión ni que el número de indicadores sea superior a 20, debido a que las valoraciones de estos indicadores poco importantes influyan en los resultados finales para la toma de decisión.

Además del esquema del árbol de toma de decisión de la tabla 9, se presenta de forma más ordenada en tabla el esquema de la siguiente forma.

REQUERIMIENTO	CRITERIO	INDICADOR
TECNICO	FUNCIONAL	MODIFICACION
		TIPOS TABIQUE
		CALIDAD
		MATERIALES
	SOCIAL	MANO DE OBRA
		COMUNICACIÓN
ECONOMICO	ECONOMICO	PRECIO
		MANTENIMIENTO
	TEMPORAL	TIEMPÓ EJECUCION
		ANTIGÜEDAD
		EXPERIENCIA
MEDIO MABIENTE	ASPECTO MEDIO AMBIENTAL	
SEGURIDAD	GESTION SEGURIDAD Y SALUD	

Tabla 9: Árbol de toma de decisión para selección subcontratista

4.8 Análisis de la función valor

La función valor tiene como su objetivo principal poder comparar las valoraciones de todos los indicadores de nuestro árbol de requerimientos, es decir, de acuerdo con las valoraciones de los indicadores de cada alternativa se realiza una suma ponderada de los valores adimensionales comprendidos entre 0 y 1, los cuales son el resultado de los valores cuantificables obtenidos durante nuestro análisis por cada opción de los indicadores.

Por otro lado, los puntos de máxima y mínima satisfacción en este caso están determinadas por la estrategia del contratista, debido a que se deben cumplir dos requisitos importantes para este que son los plazos y el costo especificados en el contrato de la construcción de la obra.

4.8.1 modificación en el proyecto

Objetivo

Valorar a cada opción mediante el porcentaje de modificación que afecto a los trabajos realizados dentro del proyecto, ya sea por cambio arquitectura o por cambios en las especialidades.

Forma de la función valor

A este indicador se le propone una función convexa decreciente (Ver ilustración 5), la cual es mostrada en la gráfica siguiente. Esta decisión es debido a que mientras más aumenta el valor porcentual del indicador, la satisfacción del contratista va disminuyendo, es decir, dentro del proyecto entre más modificaciones se deban realizar por algunas de las razones planteadas anteriormente conlleva al contratista una pérdida económica y tiempo de obra.

Se considera como valor máximo en este caso 20% de modificación, valor mínimo 0% de modificación y punto de inflexión 9% de modificación, es decir, este valor produce un cambio en la curva de acuerdo con los valores actuales. Además, se puede observar que a medida que avanza el porcentaje desde el punto de inflexión en las coordenadas de las

abscisas, el valor de la satisfacción es muy bajo, esto explica que entre mayor sea el valor de modificación menor será la satisfacción por parte del contratista.

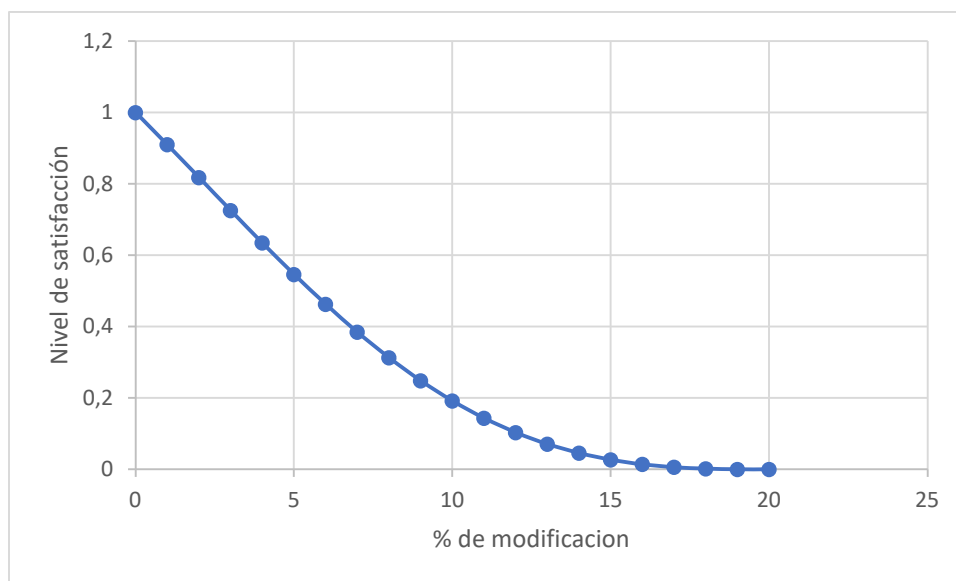


Ilustración 5: Función del valor del indicador modificación

4.8.2 tipo de tabique

Objetivo

Valorar a cada opción mediante el conocimiento que presenten del tipo de tabiques que se realizara en la obra a ejecutar, en este caso nos basamos en la escala de Likert para determinar los valores a utilizar.

Forma de la función valor

A este indicador se le propone una función lineal creciente, la cual es mostrada en la gráfica siguiente. Esta decisión es debido a que mientras más aumenta el nivel del indicador, la satisfacción del contratista va aumentando, confiando en los trabajos que realizara el subcontratista.

Se considera como valor máximo en este caso 5 que significa excelente conocimiento del indicador de tipología, valor mínimo 1 que significa nulo conocimiento de tipología y punto de inflexión el valor 3 que significa medio conocimiento de tipología. Además, se puede observar en la ilustración 6 que el indicador al tener una ecuación lineal a medida que

el valor del conocimiento por parte del subcontratista aumenta, el valor de satisfacción por parte del contratista también aumenta, permitiendo una mayor confianza hacia el subcontratista encargado del trabajo.

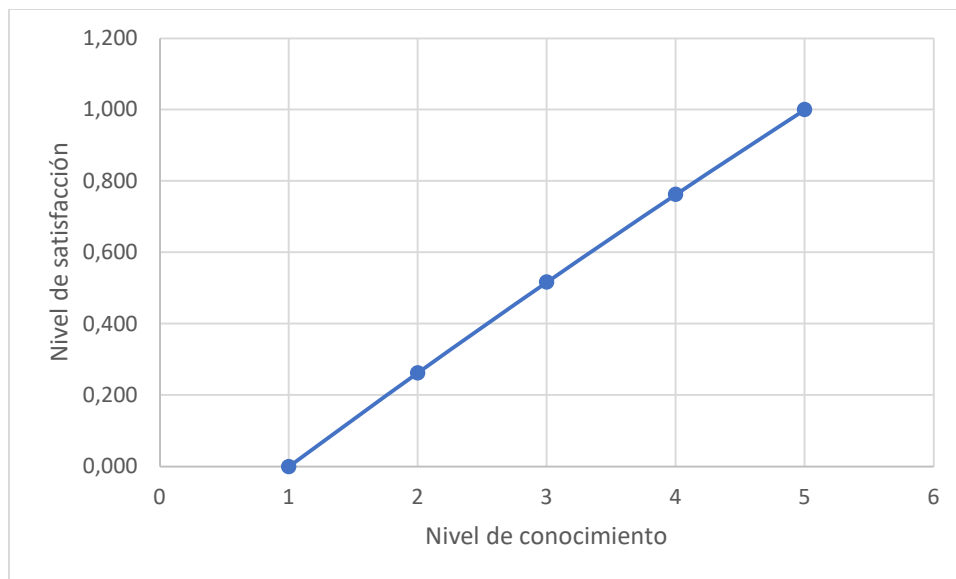


Ilustración 6: Función del valor del indicador tipología

4.8.3 Calidad

Objetivo

Valorar a cada opción mediante el nivel de calidad que presente el proceso constructivo de la obra para esta partida, en este caso nos basamos en la escala de Likert para determinar variables cualitativas.

Forma de la función valor

A este indicador se le propone una función lineal creciente, la cual es mostrada en la gráfica siguiente. Esta decisión es debido a que mientras más aumenta el nivel de la calidad, la satisfacción del contratista va aumentando producto del resultado que tiene el proceso constructivo del subcontratista para dejar una condición óptima para la recepción de la pintura.

Se realiza mediante la clasificación de la tabla N°10 mediante la escala de Likert, en donde pasamos las variables cualitativas a variables cuantitativas de la siguiente forma:

significado	puntaje
muy mala	1
mala	2
regular	3
buena	4
muy buena	5

Tabla 10: Escala de Likert

A partir de los datos mostrados en la Tabla 10, se considera como valor máximo en este caso 5 que significa muy buena del indicador, valor mínimo 1 que significa muy mala y punto de inflexión el valor 3 que significa regular (Ver Ilustración 7). Además, se puede observar que el indicador al tener una ecuación lineal a medida que el valor del indicador aumenta, el valor de satisfacción por parte del contratista también aumenta.

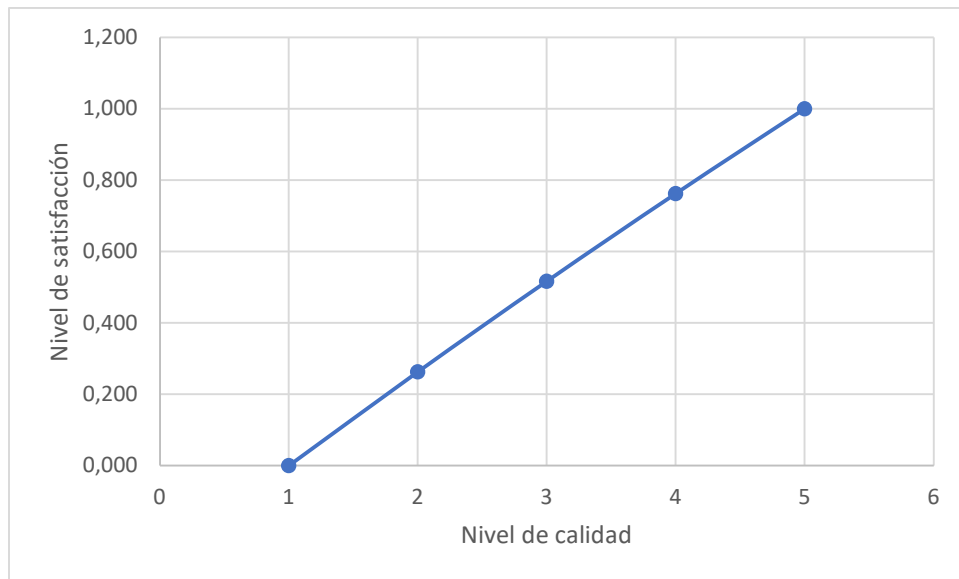


Ilustración 7: Función del valor del indicador calidad

4.8.4 Materiales

Objetivo

Valorar a cada opción mediante la cantidad de materiales que necesita para el término del proceso constructivo, cumpliendo los plazos establecidos.

Forma de la función valor

A este indicador se le propone una función cóncava creciente, la cual es mostrada en la ilustración 8. Esta decisión es debido a que mientras más aumenta la cantidad de materiales que tiene, la satisfacción del contratista va aumentando hasta un tope máximo de satisfacción.

Se considera como valor máximo en este caso el número 10, valor mínimo 0 y punto de inflexión 3. Por otro lado, se puede observar que a medida que avanza hacia la derecha la cantidad de materiales necesario para el proceso, el valor de la satisfacción va aumentando hasta un tope de materiales. Además, desde el valor 5 se podría decir que la satisfacción del contratista se encuentra medianamente resuelta.

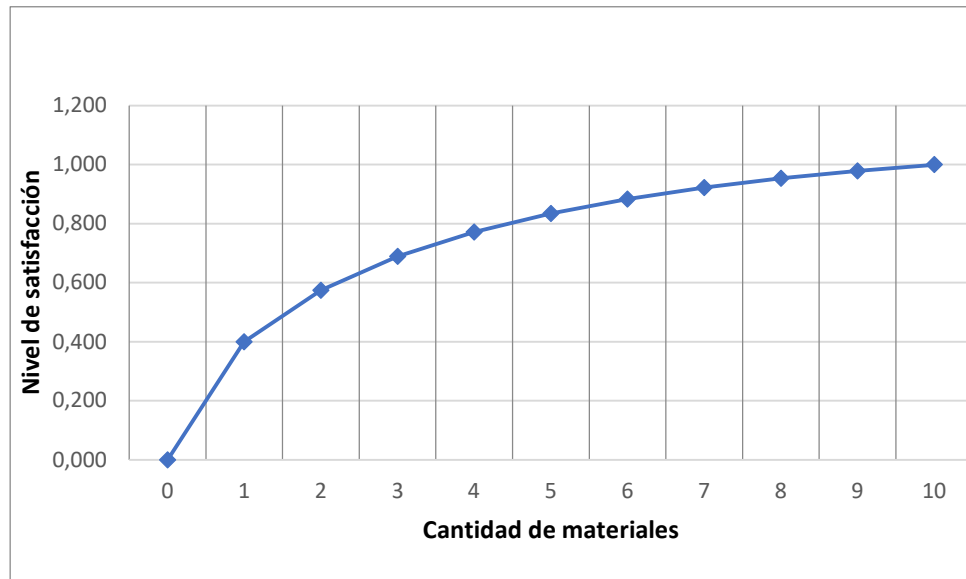


Ilustración 8: Función del valor del indicador materiales

4.8.5 Mano de obra

Objetivo

Valorar a cada opción mediante la cantidad de personas que tiene cada opción para la ejecución de la partida durante los plazos establecidos.

Forma de la función valor

A este indicador se le propone una función creciente en forma de “S”, la cual es mostrada en la gráfica. Esta decisión es debido a que mientras más aumenta la cantidad de personas, la satisfacción del contratista va aumentando, es decir, con mayor cantidad de personas se puede lograr el objetivo más rápido.

Como se puede apreciar en la ilustración 9, se considera como valor máximo 84 personas, valor mínimo 0 personas y punto de inflexión 40 personas. Este valor de inflexión se considera ya que aproximadamente en ese valor se visualiza un cambio en la curva significativamente. Por otro lado, a medida que se acerca a un valor aproximado de 65 cumple con la expectativa del contratista llegando a ser mayor al 80% de satisfacción.

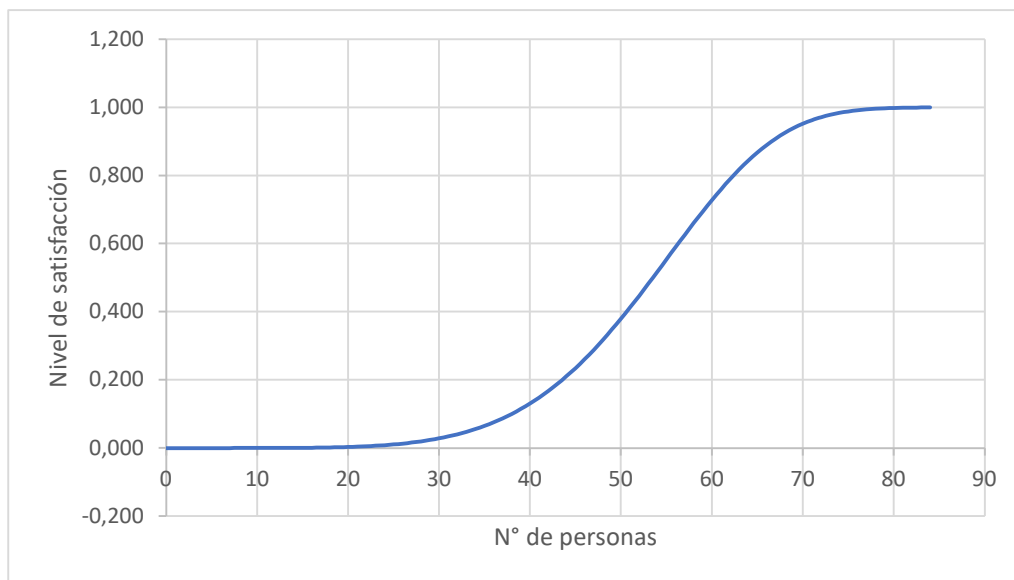


Ilustración 9: Función del valor del indicador mano de obra

4.8.6 Comunicación entre personal y supervisor

Objetivo

Valorar a cada opción mediante el rendimiento del personal, esto se debe claramente a las instrucciones que existe por parte del contratista al subcontratista para cumplir con los trabajos a realizar (ver ilustración 10).

Forma de la función valor

A este indicador se le propone una función creciente en forma de “S”, la cual es mostrada en la gráfica. Esta decisión es debido a que mientras más aumenta el rendimiento, la satisfacción del contratista va aumentando, es decir, con mayor rendimiento del subcontratista, la satisfacción del contratista aumenta.

Se considera como valor máximo 281 m²/persona, valor mínimo 0 m²/persona y punto de inflexión 120 m²/persona. El valor otorgado para el punto de inflexión es 120 m²/persona ya que aproximadamente en ese valor se comienza a observar un cambio en la curva significativamente. Por otro lado, a medida que se acerca a un valor aproximado por sobre los 200 m²/persona, el nivel de satisfacción cumple con las expectativas del contratista, es decir, mayor a 80%.

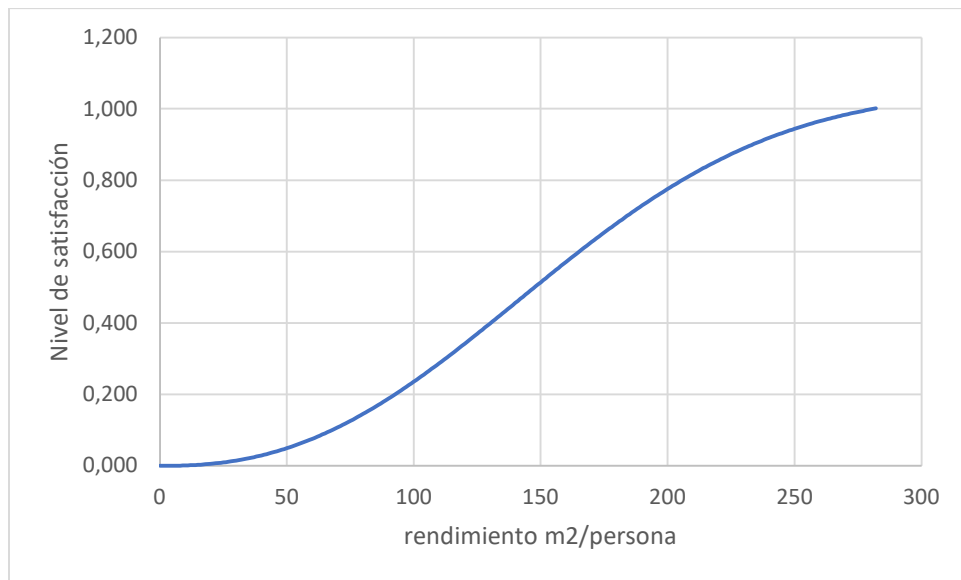


Ilustración 10: Función del valor del indicador comunicación

4.8.7 Precio tabiquería

Objetivo

Valorar a cada opción mediante el precio promedio de tabiquería de cada opción.

Forma de la función valor

A este indicador se le propone una función convexa decreciente (ver ilustración 11), la cual es mostrada en la gráfica. Esta decisión es debido a que mientras más aumenta el precio por tabiquería, la satisfacción del contratista va disminuyendo producto del costo que le implica tal proceso.

Se considera como valor máximo en este caso el valor de \$33.554 pesos, valor mínimo \$11.156 pesos y punto de inflexión \$18.000 pesos. Se puede observar mediante la gráfica que la satisfacción del contratista se encuentra entre el rango de \$11.156 pesos y \$12.500 pesos aproximadamente debido a que se encuentra por encima del 80%. Por otro lado, se puede observar que la satisfacción no es de acuerdo con las expectativas si el valor supera los \$21.000 pesos.

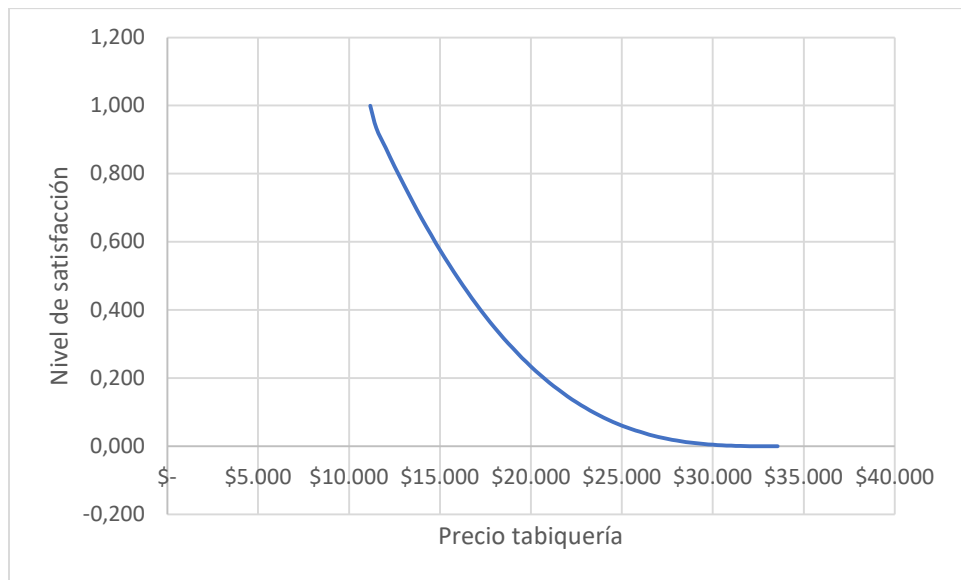


Ilustración 11: Función del valor del indicador precio

4.8.8 Mantenición de los recursos

Objetivo

Valorar a cada opción mediante el nivel de mantención que realiza a los recursos propios, en este caso nos basamos en la escala de Likert para determinar variables cualitativas.

Forma de la función valor

A este indicador se le propone una función lineal creciente, la cual es mostrada en la gráfica siguiente. Esta decisión es debido a que mientras más aumenta el nivel de la mantención, la satisfacción del contratista va aumentando debido al interés por mantener un constante trabajo del proceso.

Se realiza mediante la clasificación de la tabla N°11 mediante la escala de Likert, en donde pasamos las variables cualitativas a variables cuantitativas de la siguiente forma:

significado	puntaje
mal	1
regular	2
buena	3

Tabla 11: Escala de Likert

Se considera como valor máximo en este caso 3 que significa buena mantención (ver ilustración 12), valor mínimo 1 que significa mala mantención y punto de inflexión el valor 2 que significa regular mantención.

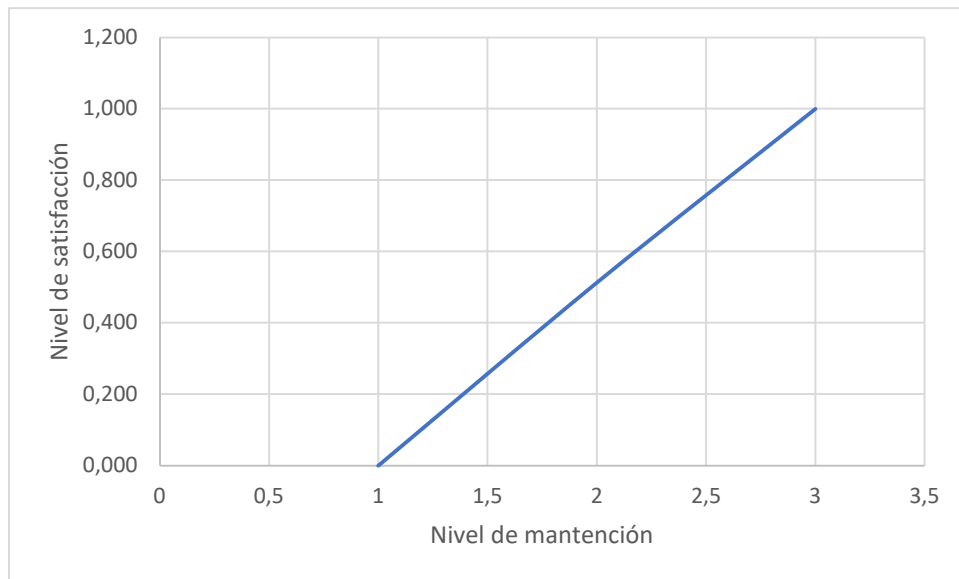


Ilustración 12: Función del valor del indicador mantenimiento

4.8.9 Tiempo de ejecución

Objetivo

Valorar a cada opción mediante el plazo de ejecución de los trabajos en la obra a través de días hábiles.

Forma de la función valor

A este indicador se le propone una función cóncava creciente, la cual es mostrada en la ilustración 13. Según se observaba en la ilustración 13, esta decisión es debido a que mientras más aumenta la cantidad de días hábiles, la satisfacción del contratista va aumentando debido al termino de los trabajos hasta llegar a un tope de días.

Se considera como valor máximo 529 días hábiles en trabajo completado, valor mínimo 173 días hábiles en trabajo terminado y punto de inflexión 250 días hábiles. Además, desde el valor mínimo de hasta el punto de inflexión se comienza a visualizar un cambio significativo muy rápido en la curva de satisfacción. Por otro lado, desde un valor de 350 días hábiles aproximadamente la satisfacción del contratista cumple con las expectativas ya que cada vez se acerca más al término de la obra ejecutada pero más lentamente que en un principio, debido a que en este tiempo es donde se producen algunos trabajos más detallistas.

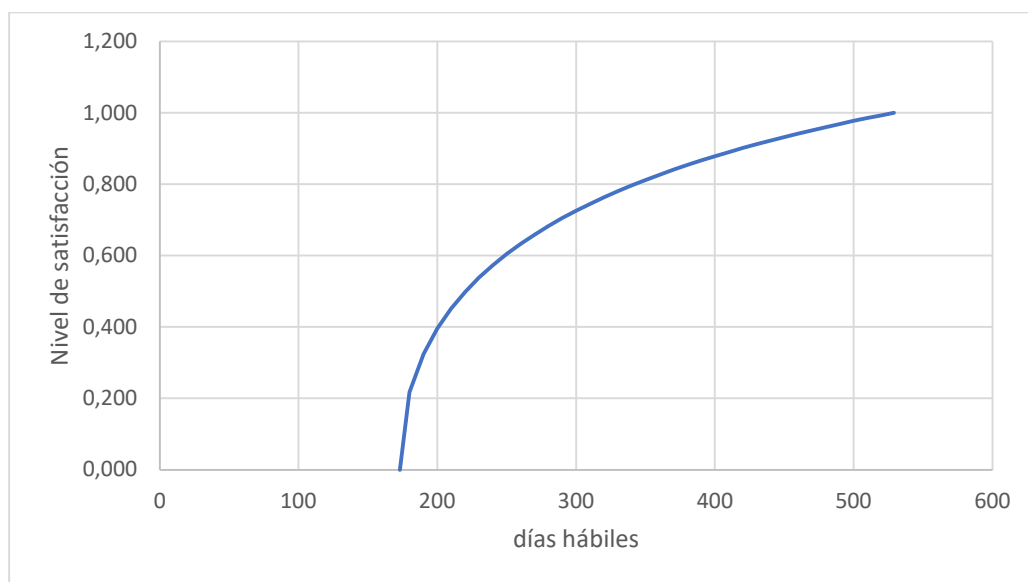


Ilustración 13: Función del valor del indicador tiempo ejecución

4.8.10 Antigüedad

Objetivo

Valorar a cada opción mediante los años de antigüedad que el subcontratista lleva trabajando junto al contratista.

Forma de la función valor

A este indicador se le propone una función lineal creciente, la cual es mostrada en la ilustración 14: Función del valor del indicador antigüedad. Esta decisión es debido a que mientras más aumenta los años de antigüedad, la satisfacción del contratista va aumentando producto del conocimiento que tiene con respecto a la empresa subcontratista, mantiene una relación de conocimiento de la empresa subcontratista.

Se considera como valor máximo en este caso 6 años, valor mínimo 0 años y punto de inflexión 3 años. Se puede observar que el contratista con 5 a 6 años de antigüedad de la empresa subcontratista trabajando juntos, se cumple con las expectativas de satisfacción. Por otro lado, hasta 1 año de antigüedad la expectativa de contratista es muy baja.

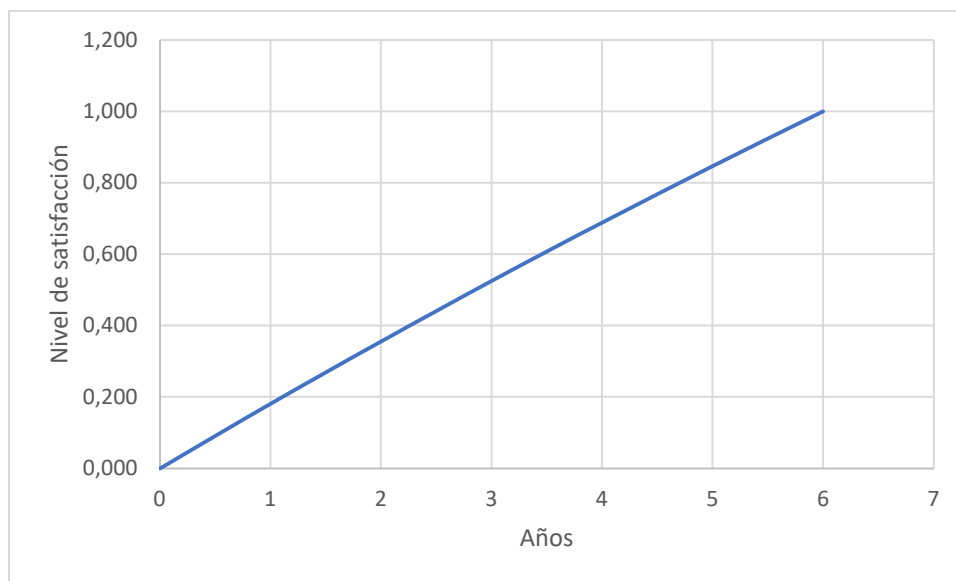


Ilustración 14: Función del valor del indicador antigüedad

4.8.11 Experiencia

Objetivo

Valorar a cada opción mediante los metros cuadrados construidos de tabiquería hospitalaria

Forma de la función valor

A este indicador se le propone una función creciente en forma de “S”, la cual es mostrada en la ilustración 15. Endicha ilustración, la decisión es debido a que mientras más aumenta la experiencia hospitalaria, la satisfacción del contratista va aumentando.

Se considera como valor máximo 114.000 m² construidos, valor mínimo 0 m² construidos y punto de inflexión de 40.000 m² construidos. El valor otorgado para el punto de inflexión es 40.000 m² construidos ya que aproximadamente en ese valor se comienza a observar un cambio en la curva significativamente. Por otro lado, a medida que se acerca a un valor aproximado de 90.000 m² construidos, el nivel de satisfacción cumple con las expectativas del contratista, es decir, mayor a 80%.

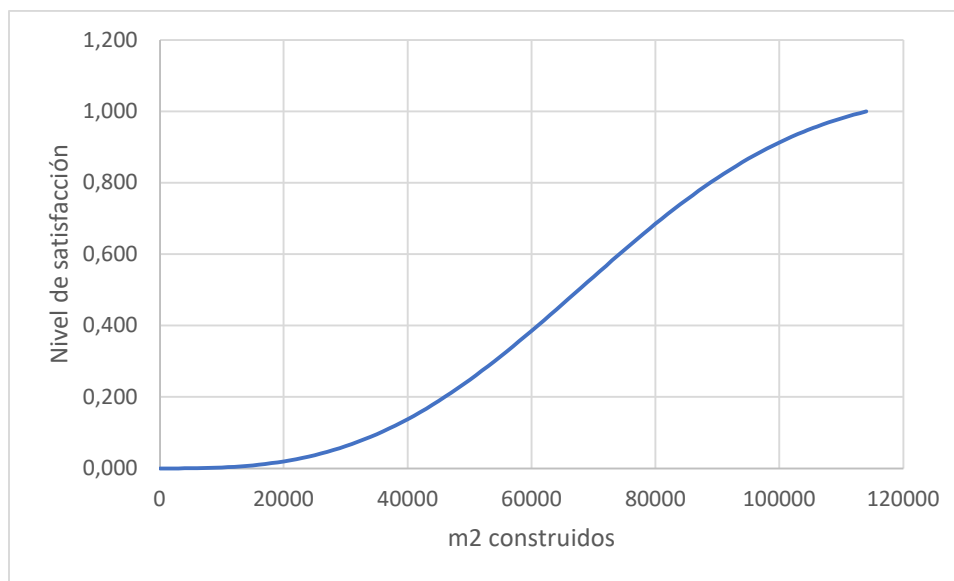


Ilustración 15: Función del valor del indicador experiencia

5 CAPÍTULO V - EVALUACIÓN MIVES

5.1 Introducción

Durante todo el estudio anterior se ha explicado la metodología MIVES como herramienta de apoyo a la toma de decisiones, en base a todo su desarrollo de análisis comenzando por los aspectos que conforman el árbol de requerimientos y su posterior designación de valor a cada uno de los indicadores.

En este capítulo se definirá los pesos de cada uno de los aspectos del árbol de requerimientos, basado en la metodología AHP de Saaty de acuerdo con un análisis realizado por matrices definidas.

5.2 Asignación de pesos

Para la asignación de pesos de cada una de las opciones del árbol de requerimientos se utilizó la metodología del proceso analítico jerárquico (AHP). En la tabla 12, se representa los valores de la asignación de pesos para cada una de las opciones del árbol.

REQUERIMIENTO	CRITERIO	INDICADOR
TECNICO Peso: 28,57%	FUNCIONAL Peso: 87,50%	MODIFICACION Peso: 28,75%
		TIPOS TABIQUE Peso: 10,42%
		CALIDAD Peso: 55,12%
		MATERIALES Peso: 5,71%
	SOCIAL Peso: 12,50%	MANO DE OBRA Peso: 25,00%
		COMUNICACIÓN Peso: 75,00%
ECONOMICO Peso: 58,39%	ECONOMICO Peso: 66,67%	PRECIO Peso: 87,50%
		MANTENIMIENTO Peso: 12,50%
	TEMPORAL Peso: 33,33%	TIEMPÓ EJECUCION Peso: 63,33%
		ANTIGÜEDAD Peso: 26,05%
MEDIO MABIENTE Peso: 5,02%	ASPECTO MEDIO AMBIENTAL Peso: 100%	
SEGURIDAD Peso: 8,02%	GESTION SEGURIDAD Y SALUD Peso: 100%	

Tabla 12: asignación de pesos mediante metodología AHP

Como se puede apreciar en la Tabla 12, se representa los juicios de valor mediante la construcción de matrices normalizadas, permitiendo un análisis con cierto grado de certeza en las comparaciones y obteniendo un valor de consistencia aceptable.

5.3 Valores realistas por cada subcontratista

Se dispone de manera ordenada en la siguiente tabla los valores por cada contratista que se van a evaluar para el análisis de cada indicador de la jerarquización.

Los valores plasmados en la tabla 13 es una recopilación de los datos reales en la obra de construcción hospitalaria, los cuales nos permiten poder hacer un análisis comparativo por cada opción de subcontratista para obtener más adelante la alternativa que mejor pondere su valor de selección, de acuerdo con los criterios seleccionados.

INDICADOR	OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3	OPCION 4
MODIFICACION (%)	12	9	20	17
TIPOS DE TABIQUE	3	3	5	5
CALIDAD	2	3	5	4
MATERIALES	6	6	10	9
MANO DE OBRA	45	45	84	60
COMUNICACIÓN	114	195	280	281
PRECIO	11156	11486	30373	33554
MANTENCION	1	1	3	3
TIEMPO EJECUCION	173	396	518	529
ANTIGÜEDAD	0	0	6	5
EXPERIENCIA	92297	0	114000	114000

Tabla 13: resumen de valores por subcontratista

Como se puede apreciar en la Tabla 13, se encuentran resumidos los datos recopilados de acuerdo con cada uno de los indicadores seleccionados. En este caso basando en el requerimiento de mayor peso (requerimiento económico) se puede visualizar que la opción 1 y 2 corren con mayor ventaja en principio.

5.4 Valor de los indicadores

Para obtener un valor comparable dentro de la función valor, nos basamos en el proceso de las matrices del proceso analítico AHP, en donde en base a los valores reales de los subcontratistas se hizo un estudio por cada indicador comparando a los subcontratistas entre sí (ver Tabla 14: Valores de indicadores por opción). Una vez hecho el análisis se midió la consistencia de los valores para evitar errores en las estimaciones.

INDICADOR	OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3	OPCION 4
MODIFICACION	0,09	0,04	0,57	0,29
TIPOS DE TABIQUE	0,1	0,1	0,4	0,4
CALIDAD	0,04	0,09	0,57	0,29
MATERIALES	0,14	0,14	0,39	0,32
MANO DE OBRA	0,06	0,06	0,58	0,3
COMUNICACIÓN	0,07	0,07	0,42	0,45
PRECIO	0,52	0,35	0,09	0,04
MANTENCION	0,06	0,06	0,44	0,44
TIEMPO EJECUCION	0,04	0,09	0,6	0,27
ANTIGÜEDAD	0,05	0,05	0,54	0,36
EXPERIENCIA	0,17	0,04	0,4	0,4

Tabla 14: Valores de indicadores por opción.

De acuerdo con la Tabla 14: Valores de indicadores por opción comprendida entre 0 y 1, se puede visualizar que la opción 1 presenta un mayor valor con respecto a las demás opciones en el indicador precio. Por otro lado, en el indicador tiempo de ejecución la opción que tiene un mayor valor es la opción 3, acompañado también de los indicadores antigüedad y experiencia.

5.5 Valor de los criterios

Para obtener los valores del segundo nivel del árbol de toma decisión, se procede a calcular en base a los valores de los indicadores.

Mediante la ecuación (8) del capítulo 3 apartado 3.6, se multiplica el valor de los indicadores de un mismo criterio por su peso respectivo

$$V_{criterio} = \sum_{i=1}^n V_{indicador} * Peso_{indicador} \quad (8)$$

Donde:

$V_{criterio}$ = Valor criterio

$V_{indicador}$ = Valor indicador

$\sum_{i=1}^n$ = Sumatoria de valor de indicadores en un mismo criterio

La siguiente tabla 15 resume los valores de cada criterio por cada opción de subcontratista a selección

CRITERIO	OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3	OPCION 4
FUNCIONAL	0,07	0,08	0,54	0,30
SOCIAL	0,07	0,07	0,46	0,41
ECONOMICO	0,46	0,31	0,13	0,09
TEMPORAL	0,06	0,07	0,56	0,31
ASPECTO MA	0,25	0,25	0,25	0,25
GESTION	0,25	0,25	0,25	0,25

Tabla 15: Valores de los criterios por opción.

Como se puede apreciar en la Tabla 15, se puede ya evidenciar una cierta tendencia de la mejor opción de acuerdo con los criterios seleccionados ya que la opción 3 tiene un mayor valor en tres criterios de un total de seis criterios. La opción 1 sigue con un valor alto en el criterio económico.

Para continuar con nuestro análisis de selección de subcontratista, se procede a obtener el valor de cada requerimiento respectivo de las opciones mediante la siguiente

ecuación (9) planteada en la metodología MIVES, en donde se multiplica el valor del criterio multiplicado por su peso respectivo.

$$V_{requerimiento} = \sum_{i=1}^n V_{criterio} * Peso_{criterio} \quad (9)$$

Donde:

$V_{requerimiento}$ = Valor requerimiento

$V_{criterio}$ = Valor criterio

$\sum_{i=1}^n$ = Sumatoria de valor de criterio en un mismo requerimiento

5.6 Valor de los requerimientos

La Tabla 16 resume los valores de cada requerimiento obtenidos por la operatoria anterior.

REQUERIMIENTO	OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3	OPCION 4
TECNICO	0,07	0,08	0,53	0,32
ECONOMICO	0,33	0,23	0,28	0,16
MEDIO AMBIENTE	0,25	0,25	0,25	0,25
SEGURIDAD	0,25	0,25	0,25	0,25

Tabla 16: Valores de requerimientos por opción.

De acuerdo con la Tabla 16: Valores de requerimientos por opción, se puede observar que en el requerimiento técnico la mejor opción es la opción 3 y en el requerimiento económico la opción 1 es la mas elevada. Con respecto a los requerimientos de medio ambiente y seguridad las cuatro opciones cumplen con los parámetros estudiados por lo que su valoración es la misma.

Para obtener el valor de cada alternativa de subcontratista, se presenta la ecuación (10) de la metodología MIVES, la cual nos señala como obtener dicho valor.

$$V_{alternativa} = \sum_{i=1}^n V_{requerimiento} * Peso_{requerimiento} \quad (10)$$

Donde:

$V_{alternativa}$ = Valor alternativa

$V_{requerimiento}$ = Valor requerimiento

$\sum_{i=1}^n$ = Sumatoria de valor de los requerimientos de la alternativa

5.7 Valor de la alternativa

La tabla n°17 resume el valor de cada alternativa para la ser la mejor opción a elección del subcontratista de tabiquería por parte del contratista.

VALOR OPCION	OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3	OPCION 4
TOTAL	0,24	0,19	0,35	0,22

Tabla 17: Valores de la alternativa

Como se puede observar en la tabla anterior, después de todo el análisis mediante la metodología MIVES obtenemos la valorización de cada candidato para su elección, en este caso la opción número tres es la que corre con mayor ventaja dado todo el desarrollo mediante la metodología.

Por último, hay que señalar que el nivel de éxito de cualquier proyecto u obra de construcción se relaciona directamente con la selección del subcontratista adecuado. Es por esto por lo que MIVES nos permite tener un análisis del comportamiento de los parámetros mediante la base de la estructura jerárquica AHP, por lo tanto, el resultado va a depender de la selección de los indicadores del grupo de expertos para la aplicación del método. La selección de los indicadores basada en los expertos tiene ciertos valores conocidos antes de su selección agrupados en el requerimiento económico, es decir, datos como precio por m2 de tabiquería, antigüedad de la empresa en el rubro, experiencia en hospitales y tiempo de ejecución en obras hospitalarias son de conocimiento al momento de tener la oferta por parte

de un subcontratista. Además, este requerimiento de acuerdo con el árbol de requerimiento es quien presenta mayor porcentaje para la selección del contratista, por lo tanto, quien de las opciones tiene una mayor valorización en los indicadores del requerimiento económico tiene más posibilidades de ser una de las opciones para la valoración. En nuestro caso las opciones 1 y 3 son quienes cuentan con una mayor ventaja de acuerdo con los datos que conocemos al inicio de la propuesta. Por otro lado, para la selección de la mejor alternativa el requerimiento técnico tiene un papel importante para la definición de estos ya que existe una gran diferencia entre las opciones 1 y 3, por lo que nuestro modelo le otorga el resultado a la opción 3 como mejor alternativa. Por último, hay que señalar que MIVES integra el concepto de sostenibilidad en la toma de decisiones en esta materia de investigación para lograr conseguir un desarrollo sostenible en el ámbito de la construcción con respecto a las futuras obras mejorando la calidad de vida de las personas y del medio ambiente en donde vivimos.

6 CAPÍTULO VI – CONCLUSIONES

Para cualquier empresa contratista que necesita contar con los servicios prestados de empresas subcontratistas expertas en el rubro, requiere de evaluar exhaustivamente las alternativas que el mercado les ofrece. La metodología aplicada para el caso de estudio da un aporte eficaz a la hora de analizar las diferentes alternativas para la selección y evaluación de estas empresas.

Los procesos de toma de decisión en un ambiente dinámico, en donde el mercado se mueve bastante y es muy competitivo, contienen un alto nivel de incertidumbre. El uso de una herramienta como la metodología AHP permite disminuir la subjetividad en los juicios emitidos por los expertos y además mediante la teoría del valor demuestra que puede ser aplicable para los problemas de selección de subcontratistas en el área de la construcción de edificación

Por consiguiente, la metodología MIVES mediante la evaluación sostenible por medio del análisis de las diferentes alternativas de acuerdo con la ponderación y valor asignados, se puede realizar una elección objetiva mediante los requerimientos determinados por el contratista para la realización del trabajo de tabiquería en la construcción de un hospital. Asimismo, el problema planteado en esta memoria para la evaluación de cuatro empresas subcontratistas que participaron activamente del proceso se basa directamente en la selección correcta para este tipo de proyectos tanto en el ámbito económico como en el temporal del contrato, dos aspectos importantes que se toman en consideración en la realización de proyectos.

Con respecto a los datos analizados por las empresas subcontratistas y su rendimiento en el proceso constructivo de tabiquería se obtienen valores muy similares a lo observado en el término de la faena estudiada ya que la empresa C es quien posee la mayor valorización a la hora de obtener los resultados mediante la evaluación. Asimismo, la empresa B es quien tiene la valorización menor de acuerdo con la evaluación MIVES y concuerda con su respectivo rendimiento durante el proceso de finalización de la faena. Por otro lado, sorprenden los resultados de valorización de la alternativa de la empresa A y D de acuerdo con los datos recopilados y términos de tabiquería por las dos empresas, esta sorpresa depende fuertemente del requerimiento económico tanto por la diferencia de precios entre

las dos empresas como también por el periodo de ejecución del proceso constructivo, es decir, la influencia de estos dos requerimientos permite medir de una manera más rápida la selección de alternativas.

De acuerdo con lo planteado por Abad, Pérez Zulueta y González Laucirica “el trabajador y el paciente debe permanecer en condiciones óptimas garantizadas por el diseño y mantenimiento adecuado de las instalaciones del hospital” (Abad et al., 2013). De acuerdo con este punto, este tipo de construcciones dependen inevitablemente de todo tipo de instalaciones que requiera este tipo de establecimiento, por lo tanto, el proceso constructivo dedicado a la tabiquería debe estar dispuesto a sufrir gran cantidad de modificaciones las cuales dependiendo del análisis con anterioridad puede verse disminuido y no provocar un gran daño al término del contrato.

Por último, para concluir este estudio, la metodología MIVES es un soporte para la toma de decisiones fundamental para cualquier tipo de contratista que requiere la elección de subcontratistas que preste servicios necesarios para algún trabajo definido, la cual queda demostrada mediante el análisis de cuatro empresas que realizan tabiques en un establecimiento de salud.

Por otro lado, es importante destacar que este tipo de metodología se puede aplicar para el estudio en el área de la construcción de infraestructura de salud, la cual no se encuentra en bibliografía de esta aplicación. Además, resulta ser un proceso innovador este tipo de estudio y permite la elección imparcial de acuerdo con la finalidad requerida.

7 CAPÍTULO VII - REFERENCIAS

Abad, A., Pérez Zulueta, M. & González Laucirica, A. (2013). La gestión de intangibles: futura administración de las instituciones hospitalarias. *RES NON VERBA*. 97-107. <https://biblio.ecotec.edu.ec/revista/edicion4/LA%20GESTI%C3%93N%20DE%20INTANGIBLES.pdf>

BCI (2022). BCI y Sacyr suscriben acuerdo para financiar la construcción del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca. Octubre 2022, desde <https://www.df.cl/brandcorner/bci/bci-y-sacyr-suscriben-acuerdo-para-financiar-construccion-del-hospital>

Cifuentes, L. (2015). Subcontratación y acción sindical en Chile. El caso de las movilizaciones en el sector cuprífero durante los años 2006 - 2008. [tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Institucional, <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139778/Lucas%20Tesis%20Pregrado%20Final.pdf?sequence=1>

Crisóstomo, A. & Herrera, R. F. (2018). Metodología de toma de decisiones para la selección de subcontratos en la industria de la construcción. *Obras y proyectos*, (24), 28-40. <https://dx.doi.org/10.4067/s0718-28132018000200028>

Davis-Blake, A. & Broschak, . Outsourcing and the Changing Nature of Work. *Annual Review of Sociology* (35): 321-340. www.jstor.org/stable/27800081. <https://www.jstor-org.proxy.lib.pdx.edu/stable/27800081>.

Enshassi, A., Kochendoerfer, B. & Abed, K. (2013). Tendencias para optimizar la productividad en los proyectos de construcción en Palestina. *Revista ingeniería de construcción*, 28(2), 173-206. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732013000200005>

Fernández, D. & Valencia, A. Outsourcing and the New Labor Precariousness in Latin America en *Latin American Perspectives* (40)5: 4-26. www.jstor.org/stable/23465987.

Franco, T. (2020). ¿Cómo diseñar tabiques para la arquitectura hospitalaria? 9 detalles de muros de alto rendimiento. *ArchDaily*. Revisado Octubre 2022, desde <https://www.archdaily.cl/cl/938640/como-disenar-tabiques-para-la-arquitectura-hospitalaria-9-detalles-de-muros-de-alto-rendimiento>

Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & Garcia, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(3), 348-360. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000300348>

Parra, C. (2006). Herramientas de Optimización de procesos Industriales: Análisis de criticidad en sistemas del sector de Refinación, aplicando la técnica de Proceso de Análisis Jerárquico (AHP - Analytical Hierarchy Process). Researchgate.net. Revisado en noviembre 2022, disponible desde: https://www.researchgate.net/publication/343215382_Analisis_de_criticidad_en_sistemas_del_sector_de_Refinacion_aplicando_la_tecnica_de_Proceso_de_Analisis_Jerarquico_AHP_-_Analytical_Hierarchy_Process

Roy, B., Słowiński, R. (2013). Questions guiding the choice of a multicriteria decision aiding method. *EURO J Decis Process* 1, 69–97. <https://doi.org/10.1007/s40070-013-0004-7>

Saaty, T.L. & Vargas, L.G. (2012). "Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process". Springer: International Series in Operations Research & Management Science. 2nd ed. pp. 5-11. New York, Estados Unidos.

Santamaría Granda, L. (2019). Estrategia de crecimiento: Subcontratación en la construcción de edificios. a [tesis de grado, Universidad del País Vasco]. Repositorio Institucional, <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/40442/TFg-santamaria.pdf?sequence=1>

Salem O., Solomon J., Genaidy A. y Luegring M., (2005) "Site Implementation and Assessment of Lean Construction Techniques", *Lean Construction Journal*, Volume 2, N° 2; pp. 1-21. [Site Implementation and Assessment of Lean Construction Techniques](#)

UPC, Barcelona Tech, (2016). Mives. (Versión 2.1.1) [software]. Tecnalia. <https://deca.upc.edu/es/proyectos/mives/metodologia>

Viñolas, B., Cortés, F., Marques, A., Josa, A. & Aguado, A. (2009). MIVES: Modelo integrado de valor para evaluaciones de sostenibilidad - ICSMM 2009 [ponencia]. II Congreso

Internacional de Mesura i Modelització de la Sostenibilitat ICSMM 09, Barcelona, España.

<https://core.ac.uk/download/pdf/41762288.pdf>

8 CAPÍTULO VIII – ANEXOS

Matriz de correlación

De acuerdo con lo propuesto en el punto 3 de nuestro trabajo “Metodología mives”, en el apartado 3.5 asignación de pesos se determina la consistencia de manera cuantificable de nuestra matriz de comparación para lograr determinar si es consistente nuestro análisis.

Para esto utilizaremos las ecuaciones 6, 7 y 8 de dicho apartado

$$C.I = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (6)$$

$$RI = \frac{1.98 * (n - 2)}{n} \quad (7)$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} < 0,1 \quad (8)$$

Matriz de correlación general

CORRELACION									
	TECNICO	ECONOMICO	MEDIO AMBIENTE	SEGURIDAD	MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO
TECNICO	1,00	0,33	6,00	5,00	0,23	0,21	0,33	0,37	0,2857
ECONOMICO	3,00	1,00	9,00	7,00	0,69	0,63	0,50	0,52	0,5839
MEDIO AMBIENTE	0,17	0,11	1,00	0,50	0,04	0,07	0,06	0,04	0,0502
SEGURIDAD	0,20	0,14	2,00	1,00	0,05	0,09	0,11	0,07	0,0802
TOTAL	4,37	1,59	18,00	13,50					

$$\lambda_{max} = 4,161$$

$$n = 4$$

$$C.I = \frac{4,161 - 4}{4 - 1} = 0,0536$$

$$RI = \frac{1.98 * (4 - 2)}{4} = 0,99$$

$$C.R. = \frac{0,0536}{0,99} < 0,1 = 0,054 < 0,1, \text{verdadero}$$

De acuerdo con el resultado de consistencia, la matriz de correlación en relación con el árbol de requerimientos se encuentra con los parámetros permitidos, obteniendo además los respectivos pesos de cada requerimiento.

CORRELACION INDICADORES FUNCIONAL									
	MODIFICACIONES	TIPOS DE TABIQUE	CALIDAD	MATERIALES	MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO
MODIFICACIONES	1,00	3,00	0,33	7,00	0,22	0,32	0,20	0,41	0,2875
TIPOS DE TABIQUES	0,33	1,00	0,20	2,00	0,07	0,11	0,12	0,12	0,1042
CALIDAD	3,00	5,00	1,00	7,00	0,67	0,53	0,60	0,41	0,5512
MATERIALES	0,14	0,50	0,14	1,00	0,03	0,05	0,09	0,06	0,0571
TOTAL	4,48	9,50	1,68	17,00					

$$\lambda_{max} = 4,172$$

$$n = 4$$

$$C.I = \frac{4,172-4}{4-1} = 0,0573$$

$$RI = \frac{1,98*(4-2)}{4} = 0,99$$

$$C.R. = \frac{0,0573}{0,99} < 0,1 = 0,058 < 0,1, \text{verdadero}$$

De acuerdo con el resultado de consistencia, la matriz de correlación de los indicadores con respecto al criterio funcional se encuentra con los parámetros permitidos, además de obtener los respectivos pesos para cada uno.

CORRELACION INDICADORES TEMPORAL							
	TIEMPO EJECUCION	ANTIGÜEDAD	EXPERIENCIA	MATRIZ NORMALIZADA			VECTOR PROMEDIO
TIEMPO EJEC	1,00	3,00	5,00	0,65	0,69	0,56	0,6333
ANTIGÜEDAD	0,33	1,00	3,00	0,22	0,23	0,33	0,2605
EXPERIENCIA	0,20	0,33	1,00	0,13	0,08	0,11	0,1062
TOTAL	1,53	4,33	9,00				

$$\lambda_{max} = 3,055$$

$$n = 3$$

$$C.I = \frac{3,055-3}{3-1} = 0,0275$$

$$RI = \frac{1,98*(3-2)}{3} = 0,66$$

$$C.R. = \frac{0,0275}{0,66} < 0,1 = 0,042 < 0,1, \text{verdadero}$$

De acuerdo con el resultado de consistencia, la matriz de correlación de los indicadores con respecto al criterio temporal se encuentra con los parámetros permitidos, además de obtener los respectivos pesos para cada uno.

Para el caso de todos los indicadores y criterios cuyo universo es igual o inferior a 2, la matriz de correlación es igual a 0, ocurre para los casos de criterio social, criterio económico, requerimiento técnico y requerimiento económico.

CORRELACION INDICADORES SOCIAL					
	MANO DE OBRA	COMUNICACIÓN	MATRIZ NORMALIZADA		VECTOR PROMEDIO
MANO DE OBRA	1,00	0,33	0,25	0,25	0,2500
COMUNICACIÓN	3,00	1,00	0,75	0,75	0,7500
TOTAL	4,00	1,33			

CORRELACION INDICADORES ECONOMICO					
	PRECIO	MANTENIMIENTO	MATRIZ NORMALIZADA		VECTOR PROMEDIO
PRECIO	1,00	7,00	0,88	0,88	0,8750
MANTENIMIENTO	0,14	1,00	0,13	0,13	0,1250
TOTAL	1,14	8,00			

CORRELACION CRITERIOS TECNICO					
	FUNCIONAL	SOCIAL	MATRIZ NORMALIZADA		VECTOR PROMEDIO
FUNCIONAL	1,00	7,00	0,88	0,88	0,8750
SOCIAL	0,14	1,00	0,13	0,13	0,1250
TOTAL	1,14	8,00			

CORRELACION CRITERIOS ECONOMICO					
	ECONOMICO	TEMPORAL	MATRIZ NORMALIZADA		VECTOR PROMEDIO
ECONOMICO	1,00	2,00	0,67	0,67	0,6667
TEMPORAL	0,50	1,00	0,33	0,33	0,3333
TOTAL	1,50	3,00			

En estos cuatros casos, la matriz de correlación de los indicadores y criterios al tener un universo igual a 2 de acuerdo con el planteamiento en el árbol de requerimientos, solo se obtienen los respectivos pesos para cada uno.

Por último, con estos datos se obtiene la tabla resumen de asignación de pesos mediante metodología AHP (Tabla 12)

Indicador modificación de proyecto

INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
modificaciones	20%	0%	9%	0,09	2,9	X

Se determina de acuerdo con la ecuación (5) el valor de B, con respecto a la siguiente formula.

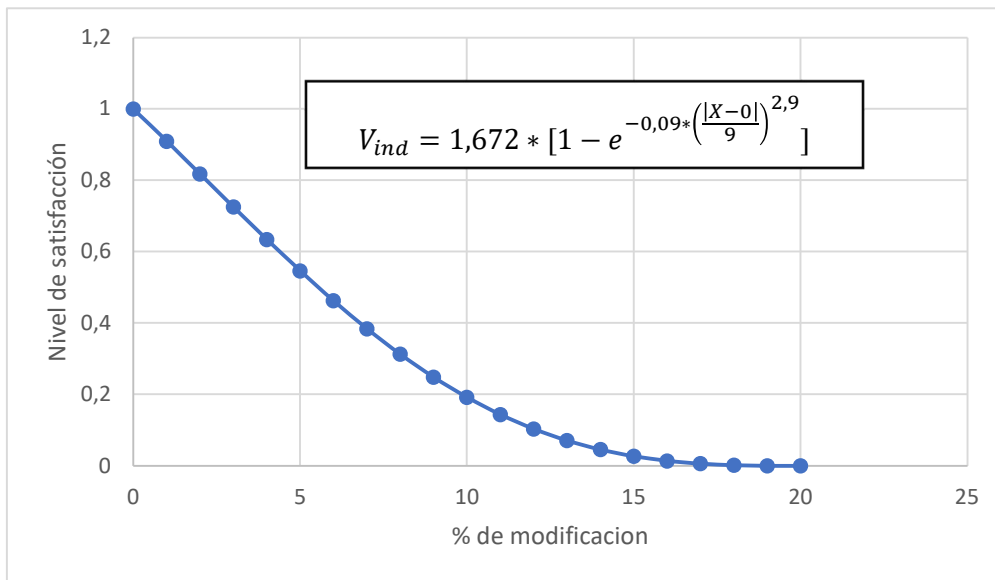
$$B = [1 - e^{-Ki * (\frac{|X_{max} - X_{min}|}{Ci})^{Pi}}]^{-1}$$

$$B = 1,6716$$

INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
modificaciones	20%	0%	9%	0,09	2,9	1,672

$$V_{ind} = B * [1 - e^{-Ki * (\frac{|X - X_{min}|}{Ci})^{Pi}}]$$

% MODIFICACION (X)	INDICE VALOR (Y)	Valor no constante
20	0	0
19	0,000257065	0,000153782
18	0,001917849	0,0011473
17	0,006207558	0,003713498
16	0,01426236	0,008532059
15	0,02713568	0,016233164
14	0,04578246	0,027388081
13	0,071033943	0,042494077
12	0,103567446	0,061956338
11	0,14387434	0,086068815
10	0,192229238	0,114995785
9	0,248663401	0,14875595
8	0,312945378	0,187210852
7	0,384571666	0,230059282
6	0,462769708	0,276839082
5	0,546514848	0,326937279
4	0,634561825	0,379608929
3	0,725490233	0,434004315
2	0,817762071	0,489203371
1	0,90978827	0,54425548
0	1	0,598222134



INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
Tipo de tabique	5	1	3	0	1	X

Se determina de acuerdo con la ecuación (5) el valor de B, con respecto a la siguiente formula.

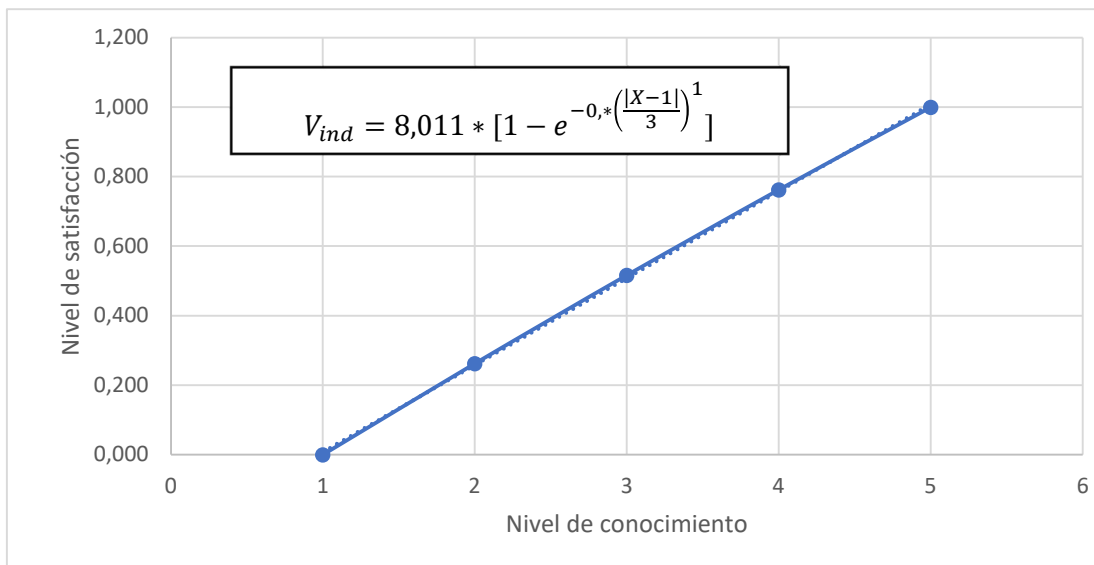
$$B = [1 - e^{-Ki * (\frac{|X_{max} - X_{min}|}{Ci})^{Pi}}]^{-1}$$

$$B = 8,011$$

INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
Tipo de tabique	5	1	3	0	1	8,011

$$V_{ind} = B * [1 - e^{-Ki * (\frac{|X - X_{min}|}{Ci})^{Pi}}]$$

conocimiento	INDICE VALOR (Y)	Valor no constante
1	0,000	0,000
2	0,263	0,033
3	0,517	0,064
4	0,762	0,095
5	1,000	0,125



INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
Calidad	5	1	3	0	1	X

Se determina de acuerdo con la ecuación (5) el valor de B, con respecto a la siguiente formula.

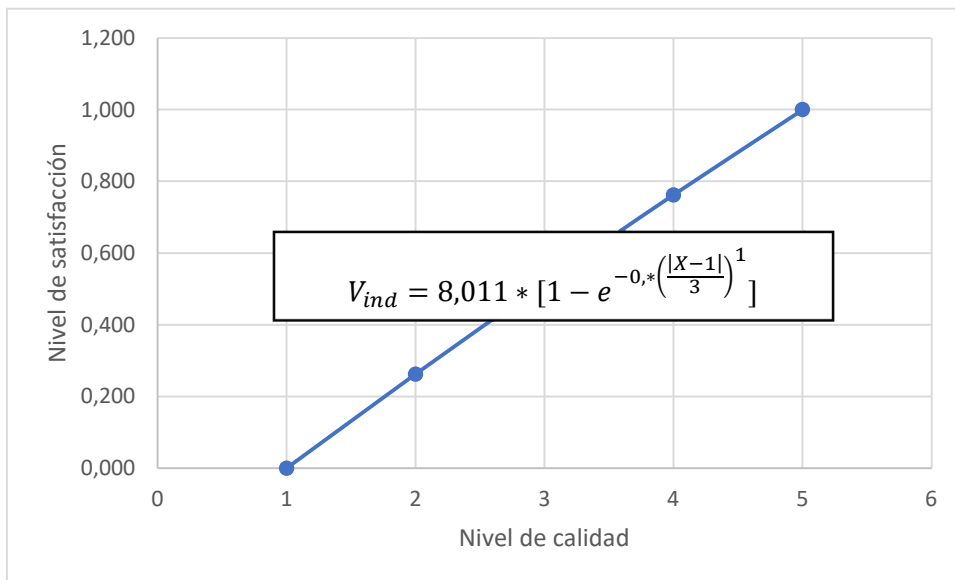
$$B = [1 - e^{-Ki * (\frac{|X_{max} - X_{min}|}{Ci})^{Pi}}]^{-1}$$

$$B = 8,011$$

INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
Calidad	5	1	3	0	1	8,011

$$V_{ind} = B * [1 - e^{-Ki * (\frac{|X - X_m|}{Ci})^{Pi}}]$$

NIVEL CALIDAD	INDICE VALOR (Y)	Valor no constante
1	0,000	0,000
2	0,263	0,033
3	0,517	0,064
4	0,762	0,095
5	1,000	0,125



INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
MATERIALES	10	0	3	0,95	0,7	X

Se determina de acuerdo con la ecuación (5) el valor de B, con respecto a la siguiente formula.

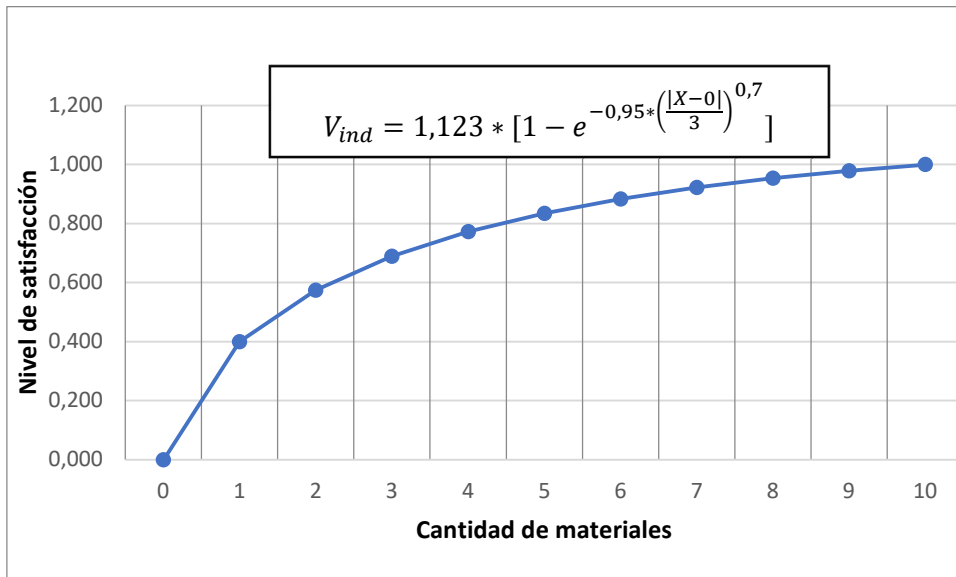
$$B = [1 - e^{-Ki * (\frac{|X_{max} - X_{min}|}{Ci})^{Pi}}]^{-1}$$

$$B = 1,123$$

INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
MATERIALES	10	0	3	0,95	0,7	1,1236786

$$V_{ind} = B * [1 - e^{-K * (\frac{|X - X_{min}|}{Ci})^{Pi}}]$$

NIVEL (X)	VALOR (Y)	Valor no constante
0,000	0	1
0,400	0,356150261	0,643849739
0,574	0,510931667	0,489068333
0,689	0,613258977	0,386741023
0,772	0,687118897	0,312881103
0,835	0,742920242	0,257079758
0,884	0,786320821	0,213679179
0,922	0,820777029	0,179222971
0,954	0,848559753	0,151440247
0,979	0,87123752	0,12876248
1,000	0,889934187	0,110065813



INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
MANO DE OBRA	84	0	40	0,14	5,5	X

Se determina de acuerdo con la ecuación (5) el valor de B, con respecto a la siguiente formula.

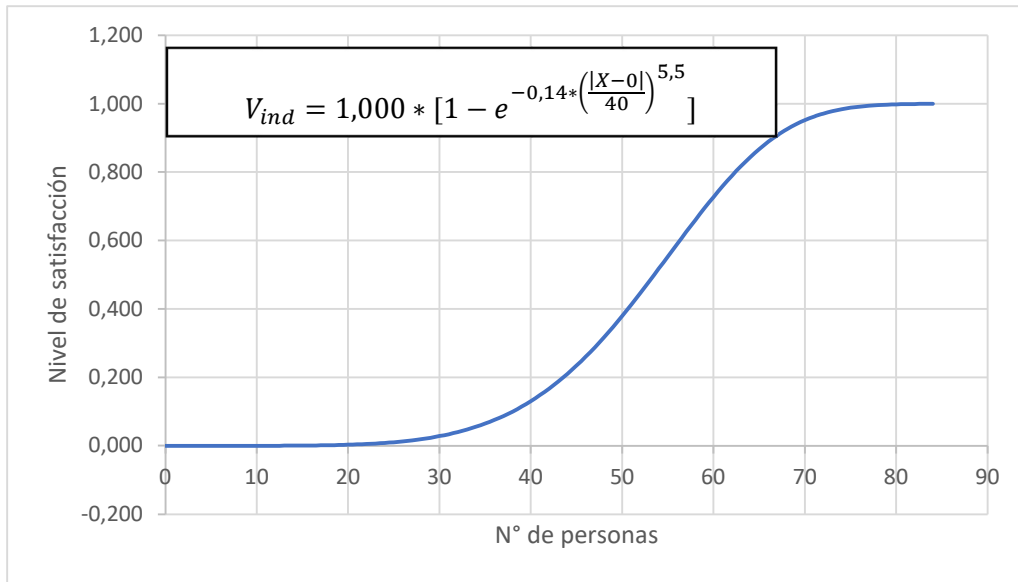
$$B = [1 - e^{-Ki * \left(\frac{|X_{max}-X_{min}|}{Ci}\right)^{Pi}}]^{-1}$$

$$B = 1,123$$

INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
MANO DE OBRA	84	0	40	0,14	5,5	1,00025214

$$V_{ind} = B * [1 - e^{-Ki * \left(\frac{|X-X_{min}|}{Ci}\right)^{Pi}}]$$

cant personas	INDICE VALOR (Y)	valor no cte	cant personas	INDICE VALOR (Y)	valor no cte
0	0,000	0,000	43	0,188	0,188
1	0,000	0,000	44	0,211	0,211
2	0,000	0,000	45	0,235	0,235
3	0,000	0,000	46	0,261	0,261
4	0,000	0,000	47	0,288	0,288
5	0,000	0,000	48	0,317	0,317
6	0,000	0,000	49	0,348	0,348
7	0,000	0,000	50	0,380	0,380
8	0,000	0,000	51	0,413	0,413
9	0,000	0,000	52	0,447	0,447
10	0,000	0,000	53	0,482	0,482
11	0,000	0,000	54	0,518	0,518
12	0,000	0,000	55	0,554	0,554
13	0,000	0,000	56	0,590	0,590
14	0,000	0,000	57	0,626	0,625
15	0,001	0,001	58	0,661	0,661
16	0,001	0,001	59	0,695	0,695
17	0,001	0,001	60	0,728	0,728
18	0,002	0,002	61	0,760	0,760
19	0,002	0,002	62	0,790	0,790
20	0,003	0,003	63	0,818	0,818
21	0,004	0,004	64	0,844	0,844
22	0,005	0,005	65	0,868	0,868
23	0,007	0,007	66	0,889	0,889
24	0,008	0,008	67	0,909	0,908
25	0,011	0,010	68	0,925	0,925
26	0,013	0,013	69	0,940	0,940
27	0,016	0,016	70	0,952	0,952
28	0,019	0,019	71	0,963	0,963
29	0,024	0,024	72	0,971	0,971
30	0,028	0,028	73	0,979	0,978
31	0,034	0,034	74	0,984	0,984
32	0,040	0,040	75	0,988	0,988
33	0,047	0,047	76	0,992	0,992
34	0,056	0,056	77	0,994	0,994
35	0,065	0,065	78	0,996	0,996
36	0,075	0,075	79	0,998	0,997
37	0,087	0,087	80	0,998	0,998
38	0,100	0,100	81	0,999	0,999
39	0,115	0,115	82	1,000	0,999
40	0,131	0,131	83	1,000	1,000
41	0,148	0,148	84	1,000	1,000
42	0,167	0,167			



INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
COMUNICACIÓN	281	0	120	0,14	3,5	X

Se determina de acuerdo con la ecuación (5) el valor de B, con respecto a la siguiente fórmula.

$$B = [1 - e^{-Ki * \left(\frac{Xmax - Xmin}{Ci}\right)^{Pi}}]^{-1}$$

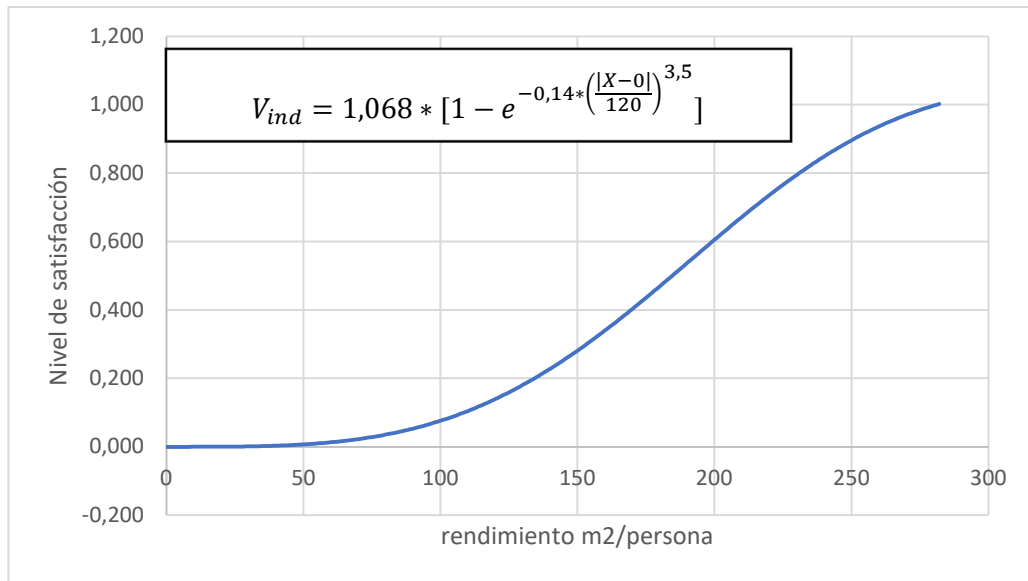
$$B = 1,068$$

INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
COMUNICACIÓN	281	0	120	0,14	3,5	1,06823226

$$V_{ind} = B * [1 - e^{-Ki * \left(\frac{|X - Xmin|}{Ci}\right)^{Pi}}]$$

rendimiento	INDICE VALOR (Y)	valor no cte
0	0,000	0,000
2	0,000	0,000
4	0,000	0,000
6	0,000	0,000
8	0,000	0,000
10	0,000	0,000
12	0,000	0,000
14	0,000	0,000
16	0,000	0,000
18	0,000	0,000
20	0,000	0,000
22	0,000	0,000
24	0,001	0,001
26	0,001	0,001
28	0,001	0,001
30	0,001	0,001
32	0,001	0,001
34	0,002	0,002
36	0,002	0,002
38	0,003	0,002
40	0,003	0,003
42	0,004	0,004
44	0,004	0,004
46	0,005	0,005
48	0,006	0,006
50	0,007	0,007
52	0,008	0,007
54	0,009	0,009
56	0,010	0,010
58	0,012	0,011
60	0,013	0,012
62	0,015	0,014
64	0,016	0,015
66	0,018	0,017
68	0,020	0,019
70	0,022	0,021
72	0,025	0,023
74	0,027	0,025
76	0,030	0,028
78	0,033	0,031
80	0,036	0,033
82	0,039	0,036
84	0,042	0,039
86	0,046	0,043
88	0,049	0,046
90	0,053	0,050
92	0,057	0,054
94	0,062	0,058
96	0,066	0,062
98	0,071	0,067
100	0,076	0,071
102	0,081	0,076
104	0,087	0,081
106	0,093	0,087
108	0,099	0,092
110	0,105	0,098
112	0,111	0,104
114	0,118	0,110
116	0,125	0,117
118	0,132	0,124
120	0,140	0,131
122	0,147	0,138
124	0,155	0,145
126	0,163	0,153
128	0,172	0,161
130	0,181	0,169
132	0,190	0,178
134	0,199	0,186
136	0,208	0,195
138	0,218	0,204
140	0,228	0,213

rendimiento	INDICE VALOR (Y)	valor no cte
142	0,238	0,223
144	0,249	0,233
146	0,259	0,243
148	0,270	0,253
150	0,281	0,263
152	0,293	0,274
154	0,304	0,285
156	0,316	0,296
158	0,328	0,307
160	0,340	0,318
162	0,352	0,330
164	0,365	0,341
166	0,377	0,353
168	0,390	0,365
170	0,403	0,377
172	0,416	0,390
174	0,429	0,402
176	0,443	0,414
178	0,456	0,427
180	0,469	0,439
182	0,483	0,452
184	0,496	0,465
186	0,510	0,477
188	0,524	0,490
190	0,537	0,503
192	0,551	0,516
194	0,565	0,529
196	0,578	0,541
198	0,592	0,554
200	0,606	0,567
202	0,619	0,580
204	0,633	0,592
206	0,646	0,605
208	0,659	0,617
210	0,672	0,629
212	0,685	0,642
214	0,698	0,654
216	0,711	0,666
218	0,724	0,677
220	0,736	0,689
222	0,748	0,701
224	0,760	0,712
226	0,772	0,723
228	0,784	0,734
230	0,795	0,745
232	0,807	0,755
234	0,818	0,765
236	0,828	0,775
238	0,839	0,785
240	0,849	0,795
242	0,859	0,804
244	0,869	0,813
246	0,878	0,822
248	0,887	0,831
250	0,896	0,839
252	0,905	0,847
254	0,913	0,855
256	0,922	0,863
258	0,929	0,870
260	0,937	0,877
262	0,944	0,884
264	0,951	0,890
266	0,958	0,897
268	0,964	0,903
270	0,971	0,909
272	0,976	0,914
274	0,982	0,919
276	0,988	0,924
278	0,993	0,929
280	0,998	0,934
282	1,002	0,938



INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
modificaciones	\$ 33.554	\$ 11.156	\$ 20.000	0,09	2,9	X

Se determina de acuerdo con la ecuación (5) el valor de B, con respecto a la siguiente formula.

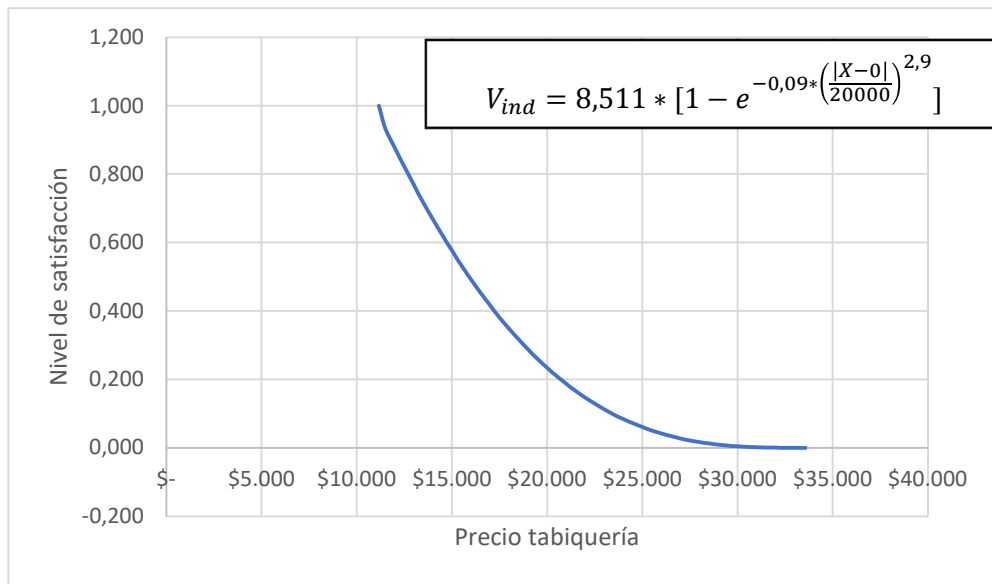
$$B = [1 - e^{-Ki * (\frac{|X_{max} - X_{min}|}{Ci})^{Pi}}]^{-1}$$

$$B = 8,511$$

INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
modificaciones	\$ 33.554	\$ 11.156	\$ 20.000	0,09	2,9	8,51129142

$$V_{ind} = B * [1 - e^{-Ki * (\frac{|X - X_m|}{Ci})^{Pi}}]$$

PRECIO TABIQUE	INDICE VALOR (Y)	valor no cte
\$ 33.554	0,000	0,000
\$ 33.000	0,000	0,000
\$ 32.500	0,000	0,000
\$ 32.000	0,000	0,000
\$ 31.500	0,001	0,000
\$ 31.000	0,002	0,000
\$ 30.500	0,003	0,000
\$ 30.000	0,004	0,001
\$ 29.500	0,006	0,001
\$ 29.000	0,009	0,001
\$ 28.500	0,013	0,001
\$ 28.000	0,017	0,002
\$ 27.500	0,022	0,003
\$ 27.000	0,027	0,003
\$ 26.500	0,034	0,004
\$ 26.000	0,042	0,005
\$ 25.500	0,051	0,006
\$ 25.000	0,060	0,007
\$ 24.500	0,072	0,008
\$ 24.000	0,084	0,010
\$ 23.500	0,097	0,011
\$ 23.000	0,112	0,013
\$ 22.500	0,129	0,015
\$ 22.000	0,147	0,017
\$ 21.500	0,166	0,020
\$ 21.000	0,187	0,022
\$ 20.500	0,209	0,025
\$ 20.000	0,234	0,027
\$ 19.500	0,260	0,030
\$ 19.000	0,287	0,034
\$ 18.500	0,317	0,037
\$ 18.000	0,348	0,041
\$ 17.500	0,381	0,045
\$ 17.000	0,416	0,049
\$ 16.500	0,453	0,053
\$ 16.000	0,492	0,058
\$ 15.500	0,533	0,063
\$ 15.000	0,576	0,068
\$ 14.500	0,621	0,073
\$ 14.000	0,668	0,078
\$ 13.500	0,717	0,084
\$ 13.000	0,768	0,090
\$ 12.500	0,821	0,096
\$ 12.000	0,877	0,103
\$ 11.500	0,934	0,110
\$ 11.156	1,000	0,117



INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
mantenimiento	3	1	2	0	1	X

Se determina de acuerdo con la ecuación (5) el valor de B, con respecto a la siguiente formula.

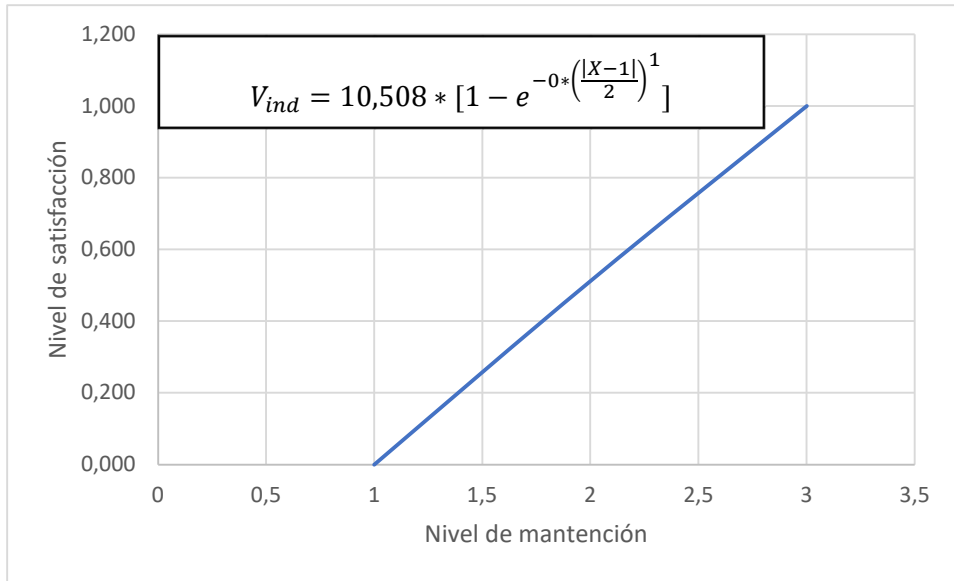
$$B = [1 - e^{-Ki * (\frac{X_{max} - X_{min}}{Ci})^{Pi}}]^{-1}$$

$$B = 10,508$$

INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
mantenimiento	3	1	2	0	1	10,508

$$V_{ind} = B * [1 - e^{-K * (\frac{|X - X_{min}|}{Ci})^{Pi}}]$$

nivel	INDICE VALOR (Y)	Valor no cte
1	0,000	0
2	0,512	0,049
3	1,000	0,095162582



INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
tiempo ejecución	529	173	250	0,95	0,5	X

Se determina de acuerdo con la ecuación (5) el valor de B, con respecto a la siguiente formula.

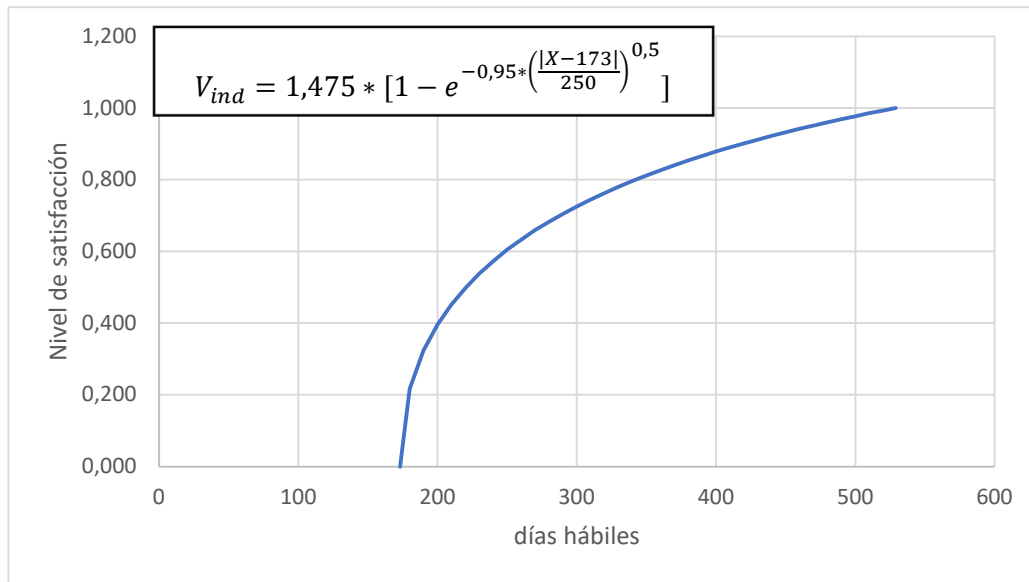
$$B = [1 - e^{-Ki * \left(\frac{Xmax - Xmin}{Ci}\right)^{Pi}}]^{-1}$$

$$B = 1,475$$

INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
tiempo ejecución	529	173	250	0,95	0,5	1,475

$$V_{ind} = B * [1 - e^{-Ki * \left(\frac{X - Xmin}{Ci}\right)^{Pi}}]$$

DIAS EJECUCION	INDICE VALOR (Y)	valor no cte
173	0,000	0,000
180	0,217	0,147
190	0,324	0,219
200	0,395	0,268
210	0,451	0,306
220	0,498	0,338
230	0,538	0,365
240	0,573	0,388
250	0,604	0,410
260	0,633	0,429
270	0,659	0,447
280	0,683	0,463
290	0,705	0,478
300	0,725	0,492
310	0,745	0,505
320	0,763	0,517
330	0,780	0,529
340	0,796	0,540
350	0,812	0,550
360	0,826	0,560
370	0,840	0,570
380	0,853	0,579
390	0,866	0,587
400	0,878	0,596
410	0,890	0,603
420	0,901	0,611
430	0,912	0,618
440	0,922	0,625
450	0,932	0,632
460	0,942	0,639
470	0,951	0,645
480	0,960	0,651
490	0,969	0,657
500	0,977	0,663
510	0,985	0,668
520	0,993	0,673
529	1,000	0,678



INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
antigüedad	6	0	3	0	1	X

Se determina de acuerdo con la ecuación (5) el valor de B, con respecto a la siguiente formula.

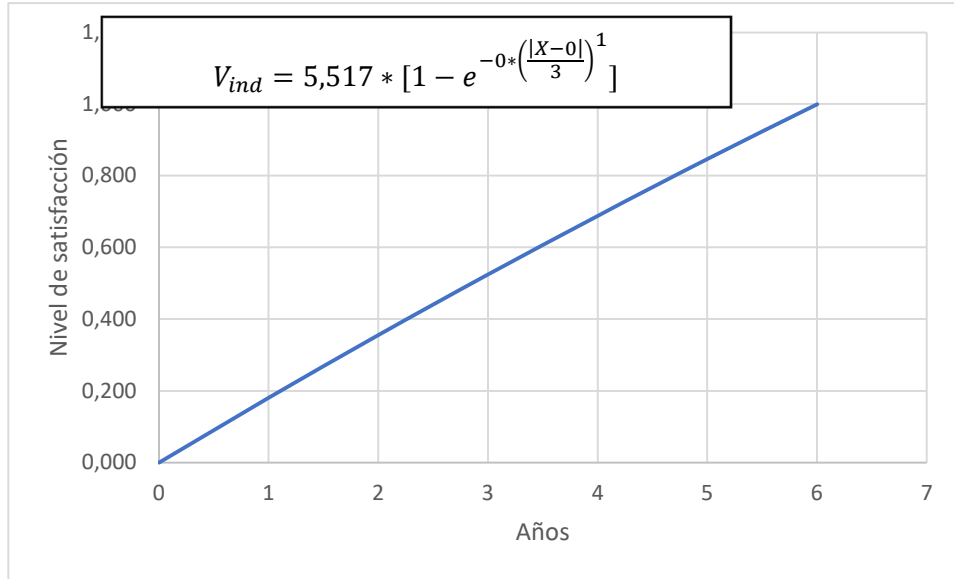
$$B = [1 - e^{-K * (\frac{|X_{max} - X_{min}|}{C_i})^{P_i}}]^{-1}$$

$$B = 5,517$$

INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
antigüedad	6	0	3	0	1	5,517

$$V_{ind} = B * [1 - e^{-K_i * (\frac{|X - X_{min}|}{C_i})^{P_i}}]$$

AÑOS	INDICE VALOR (Y)	valor no cte
0	0,000	0,000
1	0,181	0,033
2	0,356	0,064
3	0,525	0,095
4	0,689	0,125
5	0,847	0,154
6	1,000	0,181



INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
EXPERIENCIA	114000	0	40000	0,14	3,5	X

Se determina de acuerdo con la ecuación (5) el valor de B, con respecto a la siguiente formula.

$$B = [1 - e^{-Ki * (\frac{|X_{max} - X_{mi}|}{Ci})^{Pi}}]^{-1}$$

$$B = 1,004$$

INDICADOR	Xmax	Xmin	C	K	P	B
EXPERIENCIA	114000	0	40000	0,14	3,5	1,004

$$V_{ind} = B * [1 - e^{-Ki * (\frac{|X - X_{min}|}{Ci})^{Pi}}]$$

M2 CONSTRUIDOS	INDICE VALOR (Y)	Valor no cte
0	0,000	0,000
2000	0,000	0,000
4000	0,000	0,000
6000	0,000	0,000
8000	0,001	0,001
10000	0,001	0,001
12000	0,002	0,002
14000	0,004	0,004
16000	0,006	0,006
18000	0,009	0,009
20000	0,012	0,012
22000	0,017	0,017
24000	0,023	0,023
26000	0,031	0,031
28000	0,040	0,039
30000	0,050	0,050
32000	0,062	0,062
34000	0,077	0,076
36000	0,093	0,092
38000	0,111	0,110
40000	0,131	0,131
42000	0,154	0,153
44000	0,178	0,178
46000	0,205	0,204
48000	0,234	0,233
50000	0,265	0,263
52000	0,297	0,296
54000	0,331	0,330
56000	0,367	0,365

M2 CONSTRUIDOS	INDICE VALOR (Y)	Valor no cte
58000	0,404	0,402
60000	0,441	0,439
62000	0,479	0,477
64000	0,518	0,516
66000	0,557	0,554
68000	0,595	0,592
70000	0,632	0,629
72000	0,668	0,666
74000	0,703	0,701
76000	0,737	0,734
78000	0,769	0,765
80000	0,798	0,795
82000	0,826	0,822
84000	0,851	0,847
86000	0,874	0,870
88000	0,894	0,890
90000	0,912	0,909
92000	0,928	0,924
94000	0,942	0,938
96000	0,954	0,950
98000	0,964	0,960
100000	0,973	0,969
102000	0,980	0,975
104000	0,985	0,981
106000	0,990	0,986
108000	0,993	0,989
110000	0,996	0,992
112000	0,998	0,994
114000	1,000	0,996

